



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENAIK TEGANGAN
MENGUNAKAN KOMBINASI KY *CONVERTER* DAN BUCK-
BOOST *CONVERTER***

Bustanul Arifin
NRP 2214105015

Dosen Pembimbing
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D
Soedibjo, Ir., M.MT., Dr

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

***DESIGN AND IMPLEMENTATION STEP-UP CONSTRUCTED
BY KY CONVERTER AND BUCK-BOOST CONVERTER***

Bustanul Arifin
NRP 2214105015

Advisor Lecturer
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D
Soedibjo, Ir., M.MT., Dr

*ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016*

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENAIK TEGANGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI KY CONVERTER DAN BUCK-BOOST CONVERTER

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Heri Suryoatmojo, ST, MT, Ph.D.

NIP. 198006032006041003

Dr. Ir. Soedibio, M.M.T

NIP. 195512071980031004

**SURABAYA
JUNI, 2016**

**JURUSAN
TEKNIK ELEKTRO**

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENAIK TEGANGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI KY CONVERTER DAN BUCK-BOOST CONVERTER

Nama : Bustanul Arifin
Pembimbing I : Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.
Pembimbing II : Dr. Ir. Soedibjo, M.MT

ABSTRAK

Dewasa ini pengembangan, kebutuhan akan sumber energi terbarukan, dan penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*) semakin menjadi hal yang sangat penting. Karena energi terbarukan dapat digunakan sebagai sumber energi yang digunakan untuk membangkitkan sistem pembangkit tersebar dan pembantu energi utama. Salah satu energi yang terbarukan yang digunakan untuk sistem pembangkitan adalah energi dari sinar matahari. Energi sinar matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan sel surya (solar cell/*photovoltaic*). *Photovoltaic* merupakan bahan semikonduktor yang dapat melepas elektron apabila ada rangsangan dari sinar matahari kemudian membentuk arus listrik.

Namun ketika intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah mengakibatkan arus DC yang keluar dari solar cell berubah ubah, oleh karena itu dibutuhkannya suatu perangkat teknologi yang mampu menaikkan tegangan jika intensitas cahaya matahari menurun yaitu menggunakan konverter DC-DC. Konverter DC-DC merupakan konverter yang tepat untuk menaikkan tegangan DC yang dikeluarkan panel surya/ *photovoltaic*. Konverter DC-DC yang diusulkan menggunakan kombinasi KY konverter dan buck-boost konverter dengan kendali konverter menggunakan kontrol PI (*Proporsional Integrator*) sehingga saat terjadi penurunan atau penaikan tegangan sumber maka tegangan keluaran dari sistem tetap terjaga sesuai dengan ratingnya.

Kata Kunci : *Photovoltaic*, Kombinasi Konverter KY dan konverter *Buck-Boost*, Konverter DC – DC, Kontrol PI

DESIGN AND IMPLEMENTATION STEP-UP CONSTRUCTED BY KY CONVERTER AND BUCK- BOOST CONVERTER

Name : Bustanul Arifin
Advisor I : Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.
Advisor II : Dr. Ir. Soedibjo, M.MT

ABSTRACT

Today development, the need for renewable energy source ,and renewable energy (renewable energy) is getting into a very important matter. Because renewable energy can be used as a source of energy used to excite power plant system spread and a primary energy. One of sustainable energy applied to a system whenever is energy of sunlight .Energy sunlight can be use with the help of solar cells (of solar cell / photovoltaic). Photovoltaic been an semiconductor can take off electrons if there is stimulation of sunlight then forming an electric current.

But when the intensity of light the sun a changeable resulting in the current dc that comes out of of solar cell changed change , hence he needed a device technology capable of raise voltage if the intensity of light the sun declining namely use converter DC to DC. Converter DC to DC is converter that right to raise voltage dc issued solar panels /photovoltaic. Converter DC to DC proposed uses a combination ky converter and buck-boost converter with the reins converter use control pi (proportional integrator) so that when the next the decline in or penaikan voltage source so an output voltage of a system stay awake in accordance with his rating.

Keywords : Photovoltaic, Combination KY converter dan Buck-Boost converter, Converter DC – DC, control PI

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.4 Batasan masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4

BAB II DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENAIK TEGANGAN KOMBINASI KY CONVERTER DAN BUCK-BOOST CONVERTER

2.1 <i>Coupling</i> Sama Dengan Satu	7
2.2 <i>Coupling</i> Tidak Sama Dengan Satu	8
2.3 Induktor –Kopel.....	10
2.4 Penurunan Rumus Rasio Konversi Tegangan	11
2.5 Penurunan Persamaan Parameter Konverter.....	13
2.6 Fotovoltaik	19

BAB III PERANCANGAN

3.1 Blok Diagram Sistem Secara Keseluruhan	21
3.2 Desain konverter DC-DC kombinasi KY konverter	22
3.2.1 Penentuan Rasio Konversi dan <i>Duty Cycle</i>	22
3.2.2 Penentuan Besar Beban	23
3.2.3 Penentuan Nilai Induktor.....	24
3.2.4 Penentuan Nilai Kapasitor	26

3.2.5 Perancangan <i>Couple</i> Induktor	29
3.3 Simulasi.....	31
3.4 Implementasi	38
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS	
4.1 Pengujian sinyal PWM dan Pensaklaran.....	41
4.2 Pengujian Arus Induktor	43
4.3 Pengujian Tegangan Kapasitor.....	46
4.4 Pengujian Rasio Konversi Tegangan.....	48
4.5 Pengujian Effisiensi.....	49
4.6 Pengujian Respon <i>Dutycycle</i> Akibat Perubahan	50
4.7 Pengujian dengan Modul Fotovoltaik.....	51
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	57
RIWAYAT HIDUP PENULIS	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Perancangan Konverter DC-DC	22
Tabel 3.2 Parameter Hasil Perhitungan.....	29
Tabel 3.3 Kapasitas Komponen Implementasi.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangkaian Konverter Kombinasi KY <i>converter</i>	5
Gambar 2.2	Gelombang Mode Pensaklaran Konverter	6
Gambar 2.3	Mode Operasi 1($t_0 - t_1$).....	7
Gambar 2.4	Mode Operasi 1($t_1 - t_2$).....	8
Gambar 2.5	Mode 1 Operasi 1($t_0 - t_1$).....	9
Gambar 2.6	Mode 2 Operasi 1($t_1 - t_2$).....	9
Gambar 2.7	Arah Fluks Induktor-Kopel	10
Gambar 2.8	Model Rangkaian Equevalen Dari Kopel Induktor	14
Gambar 2.9	Kurva I-V dengan perubahan Iradiasi	20
Gambar 2.10	Kurva P-V dengan perubahan Iradiasi.....	20
gambar 3.1	Diagram Blok Desain Konverter	21
Gambar 3.2	Pengukuran Kebocoran Induktansi.....	30
Gambar 3.3	Rangkaian Simulasi Kombinasi Ky Konverter	31
Gambar 3.4	Gelombang Tegangan Mosfet Vds1 Dan Vds2	32
Gambar 3.5	Gelombang Tegangan Dan Arus Induktor L_m+L_k	33
Gambar 3.6	Gelombang Tegangan Dan Arus Induktor	34
Gambar 3.7	Gelombang Tegangan Dan Arus Induktor L_o	35
Gambar 3.8	Gelombang Tegangan Dioda.....	36
Gambar 3.9	Gelombang Tegangan Vc1 Dan Vc2.....	37
Gambar 3.10	Implementasi Konverter Kombinasi KY Konverter.....	39
Gambar 4.1	Gelombang PWM saat 50%	41
Gambar 4.2	Gelombang PWM dan Kendali Mosfet	42
Gambar 4.3	Gelombang Tegangan dan Arus Induktor bagian L_m+L_{Np}	43
Gambar 4.4	Gelombang Tegangan Dan Arus Induktor Sekunder L_{Ns} ..	44
Gambar 4.5	Gelombang Tegangan dan Arus L_o	45
Gambar 4.6	Gelombang Pensaklaran Pada Dioda.....	46
Gambar 4.7	Tegangan Kapasitor C_1 dan C_2	47
Gambar 4.8	Tegangan Kapasitor C_3	47
Gambar 4.9	Grafik Rasio Konversi Tegangan Terhadap <i>Duty cycle</i>	49
Gambar 4.10	Grafik Efisiensi konverter	50
Gambar 4.11	Gelombang tegangan keluaran akibat perubahan	51
Gambar 4.12	Set Pengujian menggunakan modul PV	52

Gambar 4.13 Hasil Pengujian dengan menggunakan modul52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang tidak mencemari. Industri panel surya di dunia telah meningkat lebih dari 31 % per tahun lebih bertahan dekade terakhir. Panel surya sebagai sumber terbarukan karena memiliki kelebihan, seperti tidak adanya biaya bahan bakar, sedikit perawatan, tidak ada suara, dan tidak adanya bagian yang bergerak. Namun efisiensi konversi energi aktual modul PV agak rendah dan dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan beban yang digunakan[1]-[2].

Untuk memperoleh keluaran yang efisien diperlukan rangkaian konverter DC-DC. Konverter DC-DC berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan *Direct Current* (DC), sama halnya dengan trafo yang mengubah tegangan AC tertentu ke tegangan DC yang lebih tinggi atau lebih rendah. Akan tetapi konverter DC-DC mempunyai efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan *power supply* konvensional karena tidak ada peningkatan ataupun pengurangan daya masukan selama pengkonversian bentuk energi listriknya[3].

Ada beberapa macam topologi pada konverter DC-DC, seperti konverter *Boost* dan konverter *buck-boost*, kelemahan tegangan konverter tersebut tidak cukup tinggi. Hingga kini, banyak macam teknik yang digunakan untuk menaikkan tegangan telah disajikan, termasuk beberapa induktor yang terhubung dalam seri dengan kapasitor, induktor dengan perbedaan rasio, superposisi tegangan berdasarkan peralihan kapasitor, transformator tambahan dengan rasio konversi sehingga meningkatkan kompleksitas konverter, dan selain itu juga komponen yang digunakan dalam pembuatan konverter masih banyak [4].

Dari macam teknik peningkatan diatas, sehingga dibutuhkan konverter yang memiliki jumlah komponen yang sedikit dan dapat menghasilkan tegangan keluaran tegangan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kombinasi konverter KY dengan konverter *buck-boost* adalah konverter yang mempunyai jumlah komponen yang sedikit dan

merupakan hasil kombinasi antara konverter KY dengan konverter *buck-boost* yang menambahkan kopel induktor. Konverter ini dapat menghasilkan perubahan tegangan yang lebih tinggi dari pada konverter pada umumnya, riak tegangan yang kecil dan respon waktu transien yang cepat[4].

1.2 Perumusan Masalah

Hal yang menjadi permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana menaikkan rasio tegangan pada konverter
2. Bagaimana mengurangi *ripple* tegangan *output*

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini :

1. Mengetahui prinsip kerja DC-DC KY konverter yang dikombinasikan dengan konverter *Buck-Boost*.
2. Merancang sistem konverter DC-DC dengan kontrol PI yang dapat mempertahankan tegangan keluaran sistem tetap terjaga sesuai dengan ratingnya.
3. Mengetahui analisis dan karakteristik konversi tegangan dan efisiensi daya dari konverter DC-DC KY konverter yang dikombinasikan dengan konverter *Buck-Boost*.

1.4 Batasan masalah

Untuk menyelesaikan masalah dalam tugas akhir ini, maka perlu diberi batasan-batasan sebagai berikut :

1. Hanya membuat alat konverter DC-DC untuk beban resistif.
2. Kontrol sistem yang digunakan menggunakan PI (*Proportional Integrator*).
3. Sumber tegangan yang digunakan untuk pengujian menggunakan sumber tegangan DC *variable*.
4. Nilai dari komponennya disesuaikan dengan yang paling mendekati komponen yang ada dipasaran.

1.5 Metodologi

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini yang berjudul Desain dan Implementasi Penaik Tegangan Menggunakan Kombinasi KY konverter dan konverter *Buck-Boost*, ada beberapa kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- Studi pustaka : mencari literatur pendukung guna terselesaikannya tugas akhir yang dibuat.
- Perencanaan dan pembuatan alat : agar sistem konverter dapat bekerja dengan baik, sebelum pembuatan rangkaian hal yang dilakukan melakukan perancangan dan simulasi menggunakan software.
- Perencanaan dan Pembuatan *Software* : agar hasil perancangan pembuatan alat dapat bekerja dengan normal, maka perlu perancangan hardware dan perancangan *software*.
- Penyusunan Laporan : Laporan akan dikerjakan menurut dan berdasarkan hasil akhir dari terselesaikannya alat dan tugas akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembahasan pada laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu pendahuluan, teori penunjang, perencanaan dan pembuatan alat, pengujian dan analisis alat, serta penutup.

BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, permasalahan, maksud dan tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan.

BAB II TEORI PENUNJANG

Menjelaskan teori penunjang yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas perencanaan dan pembuatan perangkat keras yang meliputi rangkaian – rangkaian, dan perangkat lunak yang meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISAN DATA

Membahas pengujian dan analisis data terhadap alat yang telah dibuat serta pengujian peralatan pada sistem tersebut.

BAB V PENUTUP

Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan dari pembahasan, perencanaan, pengujian dan analisis berdasarkan data hasil pengujian. Beserta saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

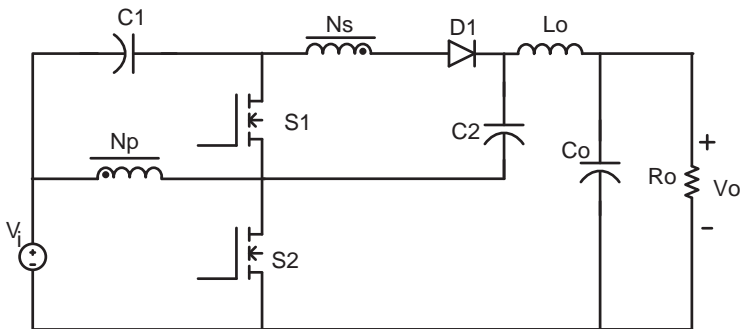
1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dalam tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya tentang konverter yang menggunakan kopel induktor.

BAB II

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENAIK TEGANGAN KOMBINASI KY *CONVERTER* DAN BUCK-BOOST *CONVERTER*

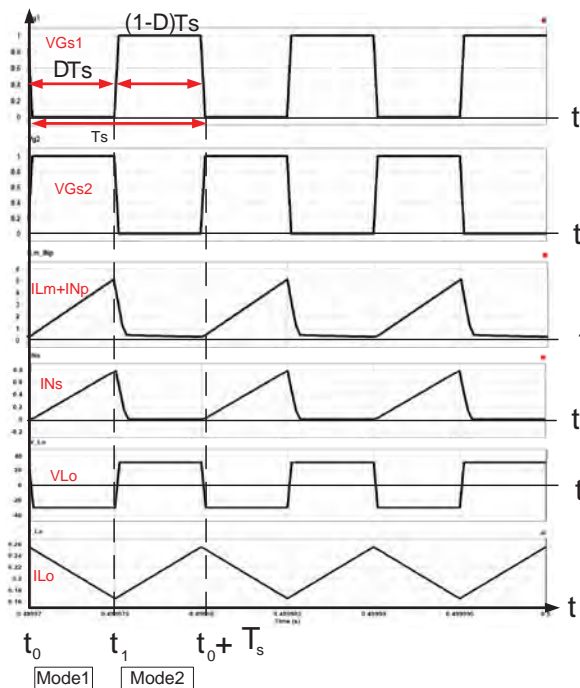
Konverter DC-DC kombinasi KY *converter* dan Buck-boost *converter* adalah konverter yang dapat meningkatkan tegangan masukan DC ke level tegangan keluaran yang lebih tinggi. Konverter ini merupakan pengembangan dari konverter KY[4]. Gambar 2.1 merupakan rangkaian dari kombinasi KY *converter* dan buck-boost *converter*.



Gambar 2.1 Rangkaian Konverter Kombinasi KY *converter* dan Buck-Boost *converter*

Berikut merupakan penjelasan dari gambar 2.1 tersebut, prinsip kerja suatu konverter dapat dijelaskan melalui mode operasinya. Konverter ini memiliki 2 mode operasi dalam satu periode pensaklaran, seperti ditunjukkan gambar 2.2. Pada konverter ini terdiri dari dua saklar S1 dan S2, satu kopel induktor dengan perbandingan jumlah belitan primer dan jumlah belitan sekunder. Satu *energy transfer* kapasitor C_1 , satu *charger pump* kapasitor C_2 , satu dioda D_1 , satu induktor keluaran L_o , dan satu kapasitor keluaran C_o . Dalam melakukan analisis, diasumsikan sebagai berikut :

1. Kopel induktor dimodelkan sebagai transformator yang ideal kecuali magnetisasi induktor L_m yang terhubung secara paralel dengan gulungan primer dan kebocoran induktor L_{11} yang dihubungkan seri dengan belitan primer. Oleh karena itu kopling koefisien k di definisikan.
2. Konverter bekerja pada operasi mode arus positif artinya arus yang mengalir melalui magnetisasi induktor L_m dan induktor keluaran selalu bekerja di daerah positif.
3. Dead time antara dua MOSFET dihilangkan.
4. MOSFET dan dioda diasumsikan komponen ideal
5. Nilai semua kapasitor diasumsikan cukup besar sehingga teganga kapasitor dijaga konstan
6. Besarnya *ripple* pensaklaran diabaikan.

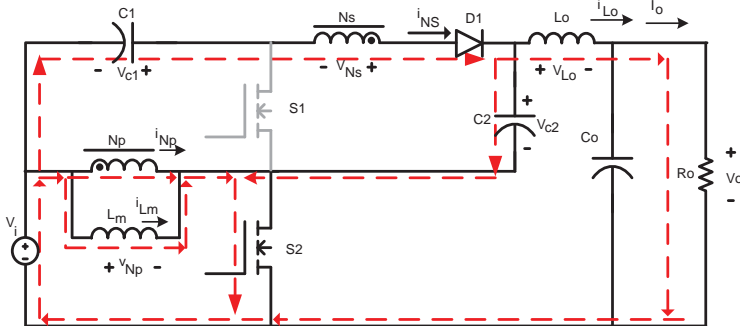


Gambar 2.2 Gelombang mode pensaklaran konveter

2.1 Coupling Sama Dengan Satu

2.1.1 Mode 1

Pada saat t_0-t_1 , saklar S1 *on* dan S2 *off* ditunjukkan pada Gambar 2.3. Sumber DC V_{in} menyalurkan energi ke induktor L_{Np} dan L_m kemudian ke S2. Dalam waktu yang bersamaan sumber V_{in} mengalir ke kapasitor C_1 , Induktor L_{Ns} , dioda D_1 , dan saklar S2. Pada saat yang sama, sumber V_{in} , kapasitor C_1 , Induktor L_{Ns} , dioda D_1 terbung seri untuk menyalurkan energi ke induktor L_o , kapasitor C_o , dan beban R. Ketika sumber DC mengalir melalui L_m maka membuat L_m menjadi termagnetisasi dan L_{Ns} menjadi terinduksi. Kapasitor C_1 melepas energi ke induktor L_{Ns} dan Dioda D_1 menjadi bias maju. Pada saat yang sama, kapasitor C_2 melakukan pengisian sehingga tegangan pada C_2 termuati. Dalam waktu yang bersamaan, tegangan melewati L_o menjadi bermuatan negatif karena $V_{C2}-V_o$, kemudian membuat L_o menjadi termagnetisasi.

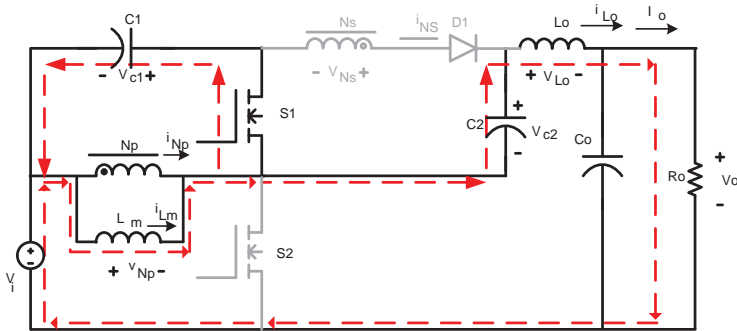


Gambar 2.3 Mode Operasi 1($t_0 - t_1$)

2.1.2 Model 2

Pada saat t_1-t_2 , saklar S1 *on* dan S2 *off* ditunjukkan pada Gambar 2.4. Sumber DC V_{in} menyalurkan energi ke induktor kopel L_{Np} dan L_m ke S1 kemudian ke C_1 , sehingga tegangan pada C_1 menjadi $-V_{c1}$ dan kembali ke $V_{L_{Np}}$. Pada saat yang sama tegangan V_{in} , induktor L_m dan L_{Np} , kapasitor C_2 terhubung seri untuk menyalurkan energi ke induktor

L_o , kapasitor C_o , dan beban R . Karena tegangan seri melewati C_2 maka membuat dioda D_1 menjadi terbias mundur dan $V_{L_{Ns}}$ tidak teraliri tegangan, sehingga membuat tegangan pada L_o menjadi bernilai positif.



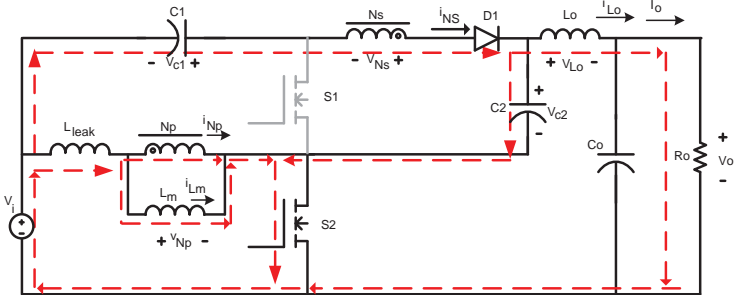
Gambar 2.4 Mode Operasi $2(t_1 - t_2)$

2.2 Coupling Tidak Sama Dengan Satu

Pada bagian ini kopling koefisien k adalah tidak sama satu, dengan kata lain kebocoran induktor pada *couple* induktor dimasukkan kedalam perhitungan.

2.2.1 Mode 1

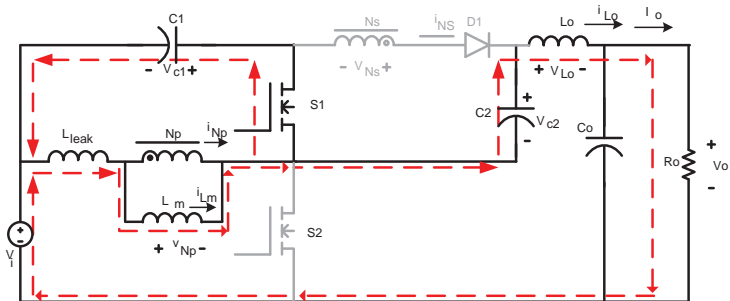
Pada saat t_0-t_1 , saklar $S1$ *on* dan $S2$ *off* ditunjukkan pada Gambar 2.5. Sumber DC V_{in} menyalurkan energi ke induktor L_{Np} , L_{lk} dan L_m kemudian ke $S2$. Dalam waktu yang bersamaan sumber V_{in} mengalir ke kapasitor C_1 , Induktor L_{Ns} , dioda D_1 , dan saklar $S2$. Pada saat yang sama, sumber V_{in} , kapasitor C_1 , Induktor L_{Ns} , dioda D_1 terbangun seri untuk menyalurkan energi ke induktor L_o , kapasitor C_o , dan beban R . Ketika sumber DC mengalir melalui L_m dan L_{lk} maka membuat L_m dan L_{lk} menjadi termagnetisasi dan L_{Ns} menjadi terinduksi. Kapasitor C_1 melepas energi ke induktor L_{Ns} dan Dioda D_1 menjadi bias maju. Pada saat yang sama, kapasitor C_2 melakukan pengisian sehingga tegangan pada C_2 termuati. Dalam waktu yang bersamaan, tegangan melewati L_o menjadi bermuatan negatif karena $V_{C2}-V_o$, kemudian membuat L_o menjadi termagnetisasi.



Gambar 2.5 Mode Operasi 1 ($t_0 - t_1$)

2.2.2 Mode 2

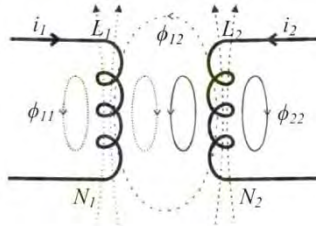
Pada saat t_1-t_2 , saklar $S1$ *on* dan $S2$ *off* ditunjukkan pada Gambar 2.6. Sumber DC V_{in} menyalurkan energi ke induktor kopel L_{Np} , L_{lk} dan L_m ke $S1$ kemudian ke $C1$, sehingga tegangan L_{lk} dan L_m mengirimkan ke $C1$ menjadi $-V_{C1}$ dan kembali ke $V_{L_{Np}}$. Pada saat yang sama tegangan V_{in} , induktor L_m , L_{lk} dan L_{Np} , kapasitor $C2$ terhubung seri untuk menyalurkan energi ke induktor L_o , kapasitor C_o , dan beban R . Karena tegangan seri melewati $C2$ maka membuat dioda $D1$ menjadi terbias mundur dan $V_{L_{Ns}}$ tidak teraliri tegangan, sehingga membuat tegangan pada L_o menjadi bernilai positif.



Gambar 2. 6 Mode Operasi 2 ($t_1 - t_2$)

2.3 Induktor –Kopel

Induktor-kopel adalah dua atau lebih induktor yang dikopel pada satu inti yang sama. Induktor-induktor ini bekerja dengan saling mempengaruhi. Jika salah satu induktor dialiri arus, maka akan terbangkit fluks yang dapat menginduksi induktor lainnya [5]. Gambar 2.7 di bawah ini menunjukkan arah fluks magnet pada induktor-kopel.



Gambar 2.7 Arah Fluks Induktor-Kopel

Seperti yang terlihat pada gambar di atas, induktor L_1 memiliki dua jenis fluks, ϕ_{11} dan ϕ_{12} . Fluks ϕ_{11} merupakan fluks yang melingkupi induktor L_1 sedangkan ϕ_{12} merupakan bagian dari fluks ϕ_{11} yang terhubung ke induktor L_2 . Fluks ϕ_{12} ini disebut sebagai *mutual flux* atau *leakage flux* dari suatu induktor. Hal ini juga berlaku untuk induktor L_2 .

Berdasarkan persamaan umum terbangkitnya tegangan pada sebuah induktor, hubungan antara fluks ϕ_{11} , ϕ_{22} , dan ϕ_{12} dengan tegangan pada masing-masing induktor adalah sebagai berikut:

$$V_{L1} = N_1 \frac{d\phi_{11}}{dt} + N_1 \frac{d\phi_{12}}{dt} \quad (2.1)$$

$$V_{L2} = N_2 \frac{d\phi_{21}}{dt} + N_2 \frac{d\phi_{22}}{dt} \quad (2.2)$$

Atau dapat juga ditulis

$$V_{L1} = L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_2}{dt} \quad (2.3)$$

$$V_{L2} = L_{21} \frac{di_{21}}{dt} + L_{22} \frac{di_{22}}{dt} \quad (2.4)$$

Dimana V_{L1} , V_{L2} , N_1 , N_2 , i_1 , i_2 , masing-masing merupakan tegangan, jumlah lilitan, dan arus pada induktor 1 dan induktor 2. ϕ_{11} dan ϕ_{22} merupakan fluks yang terbangkit pada induktor 1 dan induktor 2. ϕ_{12} merupakan fluks pada induktor 1 akibat induktor 2 dan ϕ_{21} adalah fluks pada induktor 2 akibat induktor 1. L_{11} dan L_{22} merupakan induktansi sendiri pada induktor 1 dan induktor 2. L_{12} dan L_{21} adalah induktansi bersama induktor-kopel. Karena L_{12} dan L_{21} besarnya sama, maka induktansi bersama dapat juga ditulis sebagai L_M [5].

Induktor-kopel memiliki koefisien kopling, k . Koefisien kopling ini digunakan untuk mengetahui kerapatan kopling yang menunjukkan kualitas induktor-kopel. Koefisien kopling bernilai antara 0 sampai 1. Hubungan antara koefisien kopling, induktansi sendiri dan induktansi bersama suatu induktor-kopel dirumuskan sebagai berikut[6]:

$$L_M = \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \times \sqrt{(L_{11} \times L_{22}) - (L_{leak12} \times L_{22})} \quad (2.5)$$

$$k = \frac{L_m}{L_{lk} + L_m} = \frac{L_m}{L_p} \quad -1 \leq k \leq 1 \quad (2.6)$$

Jika induktor tidak dikopel, maka $L_M = 0$, sehingga $k = 0$. Jika induktor dikopel dengan sangat rapat, maka semua fluks pada salah satu kumparan mengalir ke kumparan lainnya, dengan kata lain, tidak ada fluks bocor pada induktor-kopel tersebut, pada kondisi ini nilai $k = 1$. Artinya, semakin besar nilai koefisien kopling suatu induktor-kopel, semakin baik kualitas induktor-kopel tersebut.

2.4 Penurunan Rumus Rasio Konversi Tegangan Konverter

Induktor kopel dimodelkan sebagai transformator ideal dengan induktor magnetisasi L_m dan induktor bocor L_{lk} disisi primer, perbandingan belitan (N) dan kopling koefisien dari induktor kopel didefinisikan sebagai berikut :

$$N = \frac{N_s}{N_p} \quad (2.7)$$

$$k = \frac{L_m}{L_{lk} + L_m} = \frac{L_m}{L_p} \quad (2.8)$$

Dimana n_1 dan n_2 adalah jumlah belitan primer dan sekunder induktor kopel.

Pada mode I, gambar 2.4 saklar S1 *off* dan S2 *on*, Sumber DC V_{in} menyalurkan energi ke induktor L_{Np} dan L_m kemudian ke S2. Sehingga membuat N_p terinduksi dan persamaan tegangan yang melewati V_{Np} dan V_{Ns} dapat di tulis sebagai berikut :

$$V_{Np} = \frac{L_m}{L_{lk} + L_m} \times V_i = kV_i \quad (2.9)$$

$$V_{Ns} = V_{Np} \times \frac{N_s}{N_p} = kV_i \times \frac{N_s}{N_p} \quad (2.10)$$

Pada saat yang sama tegangan pada kapasitor C_2 dan L_o dapat di tulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{C2} = V_{C2} = V_i + V_{C1} + V_{Ns} = V_i + V_{C1} + kV_i \times \frac{N_s}{N_p} \quad (2.11)$$

$$V_{Lo} = V_{C2} - V_o \quad (2.12)$$

Pada mode II, gambar 2.3 saklar S1 *on* dan S2 *off*, tegangan yang melewati induktor L_o dan kapasitor C_1 dapat ditulis sebagai berikut :

$$V_{Np} = -kV_{C1} \quad (2.13)$$

$$V_{Lo} = V_i + V_{C1} + V_{C2} - V_o \quad (2.14)$$

Dengan mengaplikasikan prinsip *induktor volt-second balance* pada kedua induktor L_m dan L_{lk} pada satu periode pensaklaran didapat persamaan sebagai berikut :

$$\int_0^{DTs} V_{Lm(on)} dt + \int_{DTs}^T V_{Lm(off)} dt = 0 \quad (2.15)$$

$$DT kV_{in} + (1-D)T V_{Lm(off)} = 0 \quad (2.16)$$

$$V_{C1} = \frac{D}{1-D} \times V_i \quad (2.17)$$

Dengan mengaplikasikan prinsip yang sama pada induktor L_o didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\int_0^{DTs} V_{Lo(on)} dt + \int_{DTs}^T V_{Lo(off)} dt = 0 \quad (2.18)$$

$$(V_{C2} - V_o) \times D + (V_i + V_{C1} + V_{C2} - V_o) \times (1 - D) = 0 \quad (2.19)$$

Kemudian dilakukan substitusi persamaan (2.11) dan (2.17) ke persamaan (2.19), maka diperoleh

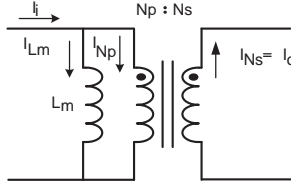
$$M = \frac{V_o}{V_i} = \frac{2-D}{1-D} + k \frac{N_s}{N_p} \quad (2.20)$$

Induktor magnetisasi L_m memiliki nilai yang jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai L_{lk} , sehingga nilai k mendekati 1. Dengan menganggap bahwa nilai k sama dengan 1 (induktor kopel ideal), maka persamaan (2.20) dapat ditulis menjadi :

$$V_o = \left(\frac{2-D}{1-D} + \frac{N_s}{N_p} \right) \times V_i \quad (2.21)$$

2.5 Penurunan Persamaan Parameter Konverter

Nilai induktor magnetisasi L_m dan induktor output L_o dapat ditentukan dengan menggunakan asumsi yang telah ditentukan, yaitu semua komponen dianggap ideal.



Gambar 2.8 Model Rangkaian Equevalen Dari Kopel Induktor

Nilai inductor magnetisasi L_m dan output L_o dapat ditentukan dengan menggunakan asumsi yang telah ditentukan, yaitu semua komponen dianggap ideal. Dengan asumsi hukum kirchoff dalam rangkaian gambar 2.8, maka

$$I_{in} = I_{Lm} + I_{NP} \quad (2.22)$$

$$I_{Lm} = I_i - I_{NP} \quad (2.23)$$

$$I_{NP} = \frac{N_s}{N_p} \times I_{Ns} \quad (2.24)$$

$$I_o = \frac{V_o}{R_o} \quad (2.25)$$

Dan dengan asumsi besar daya input sama dengan besar daya output, maka

$$P_{in} = P_{out} \quad (2.26)$$

$$V_{in} I_{in} = \frac{V_o^2}{R_o} \quad (2.27)$$

$$I_i = \frac{V_o^2}{R_o \times V_i} \quad (2.28)$$

Dan substitusikan persamaan (2.20) ke dalam persamaan (2.28) diperoleh

$$I_i = \left(\frac{2-D}{1-D} + \frac{N_s}{N_p} \right) \times \frac{V_o}{R_o} \quad (2.29)$$

Substitusi persamaan (2.29) ke persamaan (2.23) diperoleh

$$I_{Lm} = I_i - I_{NPG} \quad (2.30)$$

$$I_{Lm} = \left(\left(\frac{2-D}{1-D} + \frac{N_s}{N_p} \right) \times \frac{V_o}{R} \right) - \left(\frac{N_s}{N_p} \times I_o \right) \quad (2.31)$$

$$I_{Lm} = \left(\left(\frac{2-D}{1-D} + \frac{N_s}{N_p} \right) \times I_o \right) - \left(\frac{N_s}{N_p} \times I_o \right) \quad (2.32)$$

$$I_{Lm} = \frac{2-D}{1-D} \times I_o \quad (2.33)$$

Nilai maksimum dan minimum arus induktor L_m dapat ditentukan dengan menggunakan nilai rata-rata dan nilai perubahan arusnya, sehingga di peroleh.

$$I_{Lm,max} = I_{Lm} + \frac{\Delta I_{Lm}}{2} \quad (2.34)$$

$$I_{Lm,min} = I_{Lm} - \frac{\Delta I_{Lm}}{2} \quad (2.35)$$

Dimana

$$L = L \frac{di}{dt} \quad (2.36)$$

$$V_L = L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (2.37)$$

$$\Delta I = \frac{V_L \times \Delta t}{L} \quad (2.38)$$

$$\Delta I_{Lm} = \frac{V_{Lm} \times \Delta t_{on}}{L_m} \quad (2.39)$$

$$\Delta I_{Lm} = \frac{V_{Lm}}{L_m} \times DT_s \quad (2.40)$$

$$\Delta I_{Lm} = \frac{V_i}{L_m} \times DT_s \quad (2.41)$$

Sehingga, setelah dilakukan substitusi persamaan (2.33) dan (2.41) ke persamaan (2.34) dan (2.35), maka diperoleh

$$I_{Lm,max} = \frac{2-D}{1-D} \times I_o + \frac{V_i DT_s}{2L_m} \quad (2.42)$$

$$I_{Lm,min} = \frac{2-D}{1-D} \times I_o - \frac{V_i DT_s}{2L_m} \quad (2.43)$$

Syarat konverter beropersai secara *Contiunous Conduction Mode (CCM)* adalah arus induktornya harus selalu lebih dari nol. Sehingga, berdasarkan persamaan (2.43), nilai induktor L_m minimal agar konverter bekerja secara *CCM* adalah

$$0 < I_{Lm,min} \quad (2.44)$$

$$0 < I_{Lm} - \frac{\Delta I_{Lm,min}}{2} \quad (2.45)$$

$$0 < \left(\frac{2-D}{1-D} \times I_o \right) - \left(\frac{V_i DT_s}{2L_m} \right) \quad (2.46)$$

$$L_m > \frac{V_i DT_s}{2 \times I_{Lm}} \quad (2.47)$$

$$L_m > \frac{V_i DT_s}{2 \times \left(\frac{2-D}{1-D} \times I_o \right)} \quad (2.48)$$

Dengan menggunakan prinsip hukum kirchoff, maka nilai induktor magnetisasi L_o dapat ditentukan dari gambar 2.6 sebagai berikut :

$$I_{Ns} = I_o = I_{Lo} = \frac{V_o}{R_o} \quad (2.49)$$

Sehingga nilai maksimum dan minimum arus induktor L_m dapat ditentukan dengan menggunakan nilai rata-rata dan nilai perubahan arusnya.

$$I_{Lo,max} = I_{Lo} + \frac{\Delta I_{Lo}}{2} \quad (2.50)$$

$$I_{Lo,min} = I_{Lo} - \frac{\Delta I_{Lo}}{2} \quad (2.51)$$

Dimana

$$L = L \frac{di}{dt} \quad (2.52)$$

$$V_L = L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (2.53)$$

$$\Delta I = \frac{V_L \times \Delta t}{L} \quad (2.54)$$

$$\Delta I_{Lo} = \frac{V_{Lo} \times \Delta t_{on}}{L_o} \quad (2.55)$$

$$\Delta I_{Lo} = \frac{V_{Lo}}{L_o} \times DT_s \quad (2.56)$$

$$\Delta I_{Lo} = \frac{V_{Lo}}{L_o} \times DT_s \quad (2.57)$$

Dengan substitusikan (2.25), (2.28), (2.29) kedalam persamaan (2.57), maka diperoleh

$$\Delta I_{Lo} = \frac{V_{Lo}DT_s}{L_o} = \frac{(V_i + V_{C1} + V_{C2} - V_o) \times (1-D)T_s}{L_o} \quad (2.58)$$

Sehingga, setelah dilakukan substitusi persamaan (2.37) dan (2.57) ke persamaan (2.50) dan (2.51), maka diperoleh

$$I_{Lo,max} = \frac{V_o}{R_o} + \frac{V_{Lo}DT_s}{2L_o} \quad (2.59)$$

$$I_{Lo,min} = \frac{V_o}{R_o} - \frac{V_{Lo}DT_s}{2L_o} \quad (2.60)$$

Syarat konverter beroperasi secara *Continuous Conduction Mode (CCM)* adalah arus induktornya harus selalu lebih dari nol. Sehingga, berdasarkan persamaan (2.60), nilai induktor L_o minimal agar konverter bekerja secara *CCM* adalah

$$0 < I_{Lo,min} \quad (2.61)$$

$$0 < I_{Lo} - \frac{\Delta I_{Lo}}{2} \quad (2.62)$$

$$I_{Lo} > \frac{\Delta I_{Lo}}{2} \quad (2.63)$$

$$2I_{Lo} > \Delta I_{Lo} \quad (2.64)$$

$$2I_{Lo} > \frac{V_{Lo}DT_s}{L_o} \quad (2.65)$$

$$L_o > \frac{V_{Lo}DT_s}{2 \times I_{Lo}} \quad (2.66)$$

Sedangkan untuk mendapatkan persamaan pada kapasitor C_1 dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.67);

$$C_1 \geq \frac{i_{C1} \times \Delta t}{\Delta V_{C1}} = \frac{(I_{i,rated} - I_{o,rated}) \times (1 - D)T_s}{\Delta V_{C1} \times V_{C1}} \quad (2.67)$$

Kapasitor C_2 dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.68);

$$C_1 \geq \frac{i_{C2} \times \Delta t}{\Delta V_{C2}} = \frac{I_{Lo,rated} \times (1 - D)T_s}{\Delta V_{C1} \times V_{C2}} \quad (2.68)$$

Dan kapasitor C_3 dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.69) dan (2.70) :

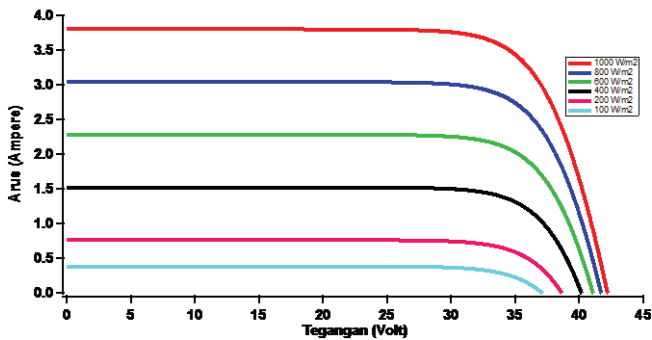
$$ESR \leq \frac{\Delta V_o}{\Delta i_{Lo}} = \frac{\Delta V_o \times V_o}{\Delta i_{Lo}} \quad (2.69)$$

$$C_o \geq \frac{65\mu}{ESR} \quad (2.70)$$

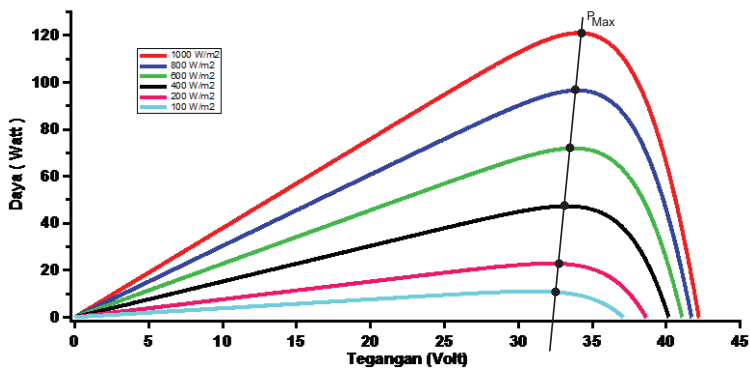
2.6 Fotovoltaik

Fotovoltaik atau solar sel adalah pembangkit tenaga listrik yang dapat merubah sinar matahari menjadi sumber tenaga listrik. Solar sel merupakan sumber terbarukan karena memiliki kelebihan, seperti tidak adanya biaya bahan bakar , sedikit perawatan , tidak ada suara, dan tidak adanya bagian yang bergerak. Selain itu hasil dari perubahan sinar matahari dapat langsung dimanfaatkan. Pada penelitian ini menggunakan elsol eS50236-PCM.

Dari gambar 2.9 merupakan grafik arus terhadap tegangan fotovoltaik dengan perubahan iradiasi. Dan gambar 2.10 merupakan grafik daya terhadap tegangan fotovoltaik dengan perubahan iradiasi. Dari kedua gambar tersebut dapat diperoleh daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh fotovoltaik. Perolehan daya maksimal fotovoltaik dengan cara menggalikan masing masing arus dan tegangan dari gambar 2.9 sehingga akan diperoleh daya maksimal pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 Kurva I-V dengan perubahan iradiasi



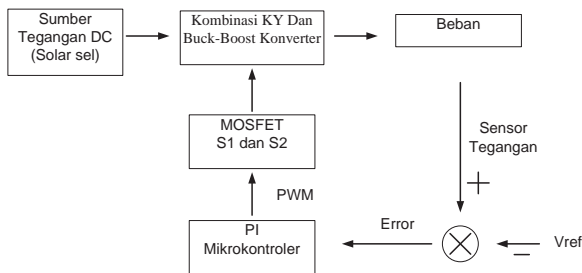
Gambar 2.10 Kurva P-V dengan perubahan Iradiasi

BAB III PERANCANGAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses desain, simulasi dan implementasi kombinasi *KY converter* dan *Buck-boost converter*. Proses perancangan konverter dilakukan dengan menghitung dan menentukan nilai-nilai komponen yang akan digunakan pada implementasi alat. Simulasi dilakukan untuk memastikan bahwa konverter dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Hasil dari desain dan simulasi digunakan sebagai dasar implementasi alat.

3.1 Blok Diagram Sistem Secara Keseluruhan

Gambar 3.1 menunjukkan diagram blok secara keseluruhan dari implementasi peralatan yang akan dibuat terdiri dari sumber tegangan DC, konverter DC-DC, beban, kendali mosfet, dan PWM



Gambar 3.1 Diagram Blok Desain Konverter

Dari gambar 3.1, sumber tegangan DC pada rangkaian utama diperoleh dari tegangan keluaran panel surya. Pada implementasi konverter DC-DC menggunakan dua buah solar sel dengan daya masing-masing solar sel yaitu 50 watt yang di seri, tetapi karena daya keluaran dan tegangan keluaran dari solar sel sangat bergantung pada iradiasi sinar matahari maka dalam pengujian juga digunakan sumber tegangan berasal dari *power supply* yang ada di laboratorium.

Pada perancangan konverter DC-DC yang dibuat dirancang untuk menaikkan tegangan dari 30 volt dc menjadi 320v dc yang merupakan tegangan untuk aplikasi inverter agar dapat dikonversikan menjadi $220V_{rms}$.

3.2 Desain konverter DC-DC kombinasi KY konverter dan Buck-Boost konverter

Pada perancangan konverter dilakukan untuk menentukan parameter rangkain dengan memperhitungkan peralatan di laboratorium dan komponen yang ada di pasaran, sehingga dapat mempermudah dalam pengimplementasian konverter. Tabel 3.1 merupakan paramter-parametr yang digunakan sebagai acuan dalam peracangan konverter DC-DC yang akan dibuat.

Tabel 3. 1 Spesifikasi perancangan konverter DC-DC

Parameter	Nilai Besaran
Tegangan Masukkan (V_{in})	30 – 35 Volt
Tegangan Keluaran (V_o)	320 Volt
Frekuensi Pensaklaran (f_s)	100 kHz
Daya Masukkan (P_{in})	100 Watt
Daya Keluaran, Max ($P_{o, max}$)	100Watt
Daya Keluaran, Min ($P_{o, min}$)	10 Watt
Perbandingan Belitan	1 : 6
Riak Tegangan C_1 (ΔC_1)	1 %
Riak Tegangan C_2 (ΔC_2)	0.1 %
Riak Tegangan C_o (ΔC_o)	0.1 %
Ripple Arus L_o (ΔL_o)	20 %

3.2.1 Penentuan Rasio Konversi dan *Duty Cycle*

Berdasarkan hasil penurunan rumus di bab 2 pada persamaan (2.21), besar rasio konversi (M) dan *dutycycle* (D) yang dibutuhkan konverter untuk menaikkan tegangan masukan 30 volt dc menjadi 320

volt dc ditentukan dengan kopling koefisien dianggap satu sebagai berikut :

$$M = \frac{V_o}{V_i} = \frac{320}{30} = 10.66$$

$$D = \frac{\left(\frac{V_o}{V_i}\right) - \left(\frac{N_s}{N_p}\right) - 2}{\left(\frac{V_o}{V_i}\right) - \left(\frac{N_s}{N_p}\right) - 1}$$

$$D = \frac{\left(\frac{320}{30}\right) - \left(\frac{6}{1}\right) - 2}{\left(\frac{320}{30}\right) - \left(\frac{6}{1}\right) - 1} = 0.72$$

Pada saat tegangan masukkan maksimum ($V_{in} = 35$ V), besar rasio konversi dan *dutycycle* konverter adalah

$$M = \frac{V_o}{V_i} = \frac{320}{35} = 9.14$$

$$D = \frac{\left(\frac{320}{35}\right) - \left(\frac{6}{1}\right) - 2}{\left(\frac{320}{35}\right) - \left(\frac{6}{1}\right) - 1} = 0.53$$

Maka nilai d di pilih 0.72, karena *dutycycle* tegangan 35 volt sudah masuk didalam daerah *dutycycle* 0.72 dari tegangan 30 volt.

3.2.2 Penentuan Besar Beban

Sesuai dengan spesifikasi alat yang akan dibuat pada Tabel 3.1, konverter didesain untuk bekerja pada daya keluaran maksimum sebesar 100 watt dengan tegangan keluaran 320V. Berdasarkan persamaan (3.1), besar beban R adalah sebagai berikut :

$$R_{out,max} = \frac{V_{out}^2}{P_{out,max}} = \frac{320^2}{100} = 1024 \Omega \quad (3.1)$$

$$R_{out,max} = \frac{320^2}{100} = 1024 \Omega$$

3.2.3 Penentuan Nilai Induktor

3.2.3.1 Penentuan Nilai *Couple* Induktor Magnetisasi

Konverter ini dirancang untuk selalu beroperasi secara CCM (*Continous Conduction Mode*) atau arus couple induktor L_m selalu beroperasi pada daerah positif. Sehingga perlu diketahui nilai batas minimum arus yang mengalir pada induktor L_{lk} dan L_m kontinu. Berdasarkan persamaan (2.47) maka diperoleh nilai sebagai berikut :

$$R_{out,min} = \frac{V_{out,min}^2}{P_{out,min}} \quad (3.2)$$

$$R_{out,min} = \frac{320^2}{10} = 10240 \Omega$$

$$I_{Lm,min} = \frac{2-D}{1-D} \times \frac{V_0}{R_{0,min}} \quad (3.3)$$

$$I_{Lm,min} = \frac{2-0.72}{1-0.72} \times \frac{320}{10240} = 0.143 A$$

Setelah memperoleh nilai arus L_m minimum, maka nilai L_m yang diperoleh :

$$L_m \geq \frac{V_i D T_s}{\Delta i_{Lm}} \quad (3.4)$$

$$L_m \geq \frac{V_i D T_s}{2 \times I_{Lm,min}} = \frac{30 \times 0.72 \times 10\mu}{2 \times 0.143} = 755 \mu H$$

Dimana :

L_m = Induktor
 V_i = Tegangan masukan

D = *Dutycycle*
 T_s = Periode frekuensi
 $I_{Lm, \min}$ = arus DC minimum pada L_m

3.2.3.2 Penentuan Nilai Induktor Keluaran

Pada perancangan untuk menentukan nilai induktor keluaran konverter DC-DC menggunakan persamaan (2.66) dengan *ripple* arus maksimum di tetukan sebesar 20% dari arus yang mengalir, sehingga diperoleh nilai L_o sebagai berikut :

$$L_o \geq \frac{v_{Lo} \Delta t}{\Delta i_{Lo}} \Omega \quad (3.5)$$

$$L_o \geq \frac{(V_i + V_{C1} + V_{C2} - V_o)(1 - D)T_s}{\Delta i_{Lo}}$$

$$L_o \geq \frac{\left(V_i + V_i \times \frac{D}{1-D} + V_i + V_i \times \frac{D}{1-D} + V_i \times \frac{N_s}{N_p} - V_o \right) (1 - D)T_s}{20\% \times I_{Lo, rated} \times 2}$$

$$L_o \geq \frac{\left(30 + 30 \times \frac{0.72}{1-0.72} + 30 + 30 \times \frac{0.72}{1-0.72} + 30 \times 6 - 320 \right) (1 - 0.71)10\mu}{20\% \times 0.3215 \times 2}$$

$$L_o \geq 1.664 \text{ mH}$$

Dimana :

L_o = Induktor
 V_i = Tegangan masukan
 V_{c1} = Tegangan pada C_1
 V_{c2} = Tegangan pada C_2
 D = *Dutycycle*
 T_s = Periode frekuensi
 $I_{o, rated}$ = Arus DC output pada L_o
 Δi_{Lo} = Arus *ripple* pada L_o

3.2.4 Penentuan Nilai Kapasitor

3.2.4.1 Penentuan Nilai Kapasitor C_1

Nilai kapasitor C_1 dihitung menggunakan persamaan (2.67). Dimana *ripple* tegangan ditentukan sebesar 1% dari nilai tegangan puncak ke puncak tegangan kapasitor selama periode pengisian, sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

$$V_{C1} = V_i \times \frac{D}{1-D} \quad (3.6)$$

$$V_{C1} = 30 \times \frac{0.72}{1 - 0.72} = 77.14 \text{ V}$$

Untuk mencari nilai kapasitansi dari C_1 , maka dapat diperoleh:

$$C_1 \geq \frac{i_{C1} \Delta t}{\Delta_{vc1}} \quad (3.7)$$

$$C_1 \geq \frac{(I_{i, rated} - I_{o, rated})(1 - D)T_s}{0.01 \times V_{C1}}$$

$$C_1 \geq \frac{(3.33 - 0.3125)(1 - 0.72)10\mu}{0.01 \times 30}$$

$$C_1 \geq 10.95 \mu F$$

Sehingga dipilih $C_1 = 22 \mu F / 100V$

Dimana ;

C_1 = Kapasitor

D = *Dutycycle*

T_s = Periode frekuensi

$I_{i, rated}$ = Arus masukan maksimal

$I_{o, rated}$ = Arus keluaran maksimal

3.2.4.2 Penentuan Nilai Kapasitor C₂

Nilai kapasitor C₂ dihitung menggunakan persamaan (2.68). Dimana *ripple* tegangan ditentukan sebesar 0.1% dari nilai tegangan pengosongan kapasitor, sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

$$V_{C2} = V_i + V_{C1} + V_i \times \frac{N_s}{N_p} \quad (3.8)$$

$$V_{C2} = V_i + V_i \times \frac{D}{1 - D} + V_i \times \frac{N_s}{N_p}$$

$$V_{C2} = 30 + 30 \times \frac{0.72}{1 - 0.72} + 30 \times \frac{6}{1} = 237.14 \text{ Volt}$$

Untuk mencari nilai kapasitansi dari V_{C2}, maka dapat diperoleh:

$$C_2 \geq \frac{i_{C2} \Delta t}{\Delta_{vc2}} \quad (3.9)$$

$$C_2 \geq \frac{I_{o, rated}(1 - D)T_s}{0.01 \times V_{C2}}$$

$$C_2 \geq \frac{0.3125(1 - 0.72)10\mu}{0.01 \times 237.14}$$

$$C_2 \geq 0.3689\mu F$$

ehingga dipilih C₂ = 10 μF / 250V

Dimana ;

C₂ = Kapasitor

V_i = Tegangan masukkan

D = *Dutycycle*

T_s = Periode frekuensi

I_{o, rated} = Arus keluaran maksimal

3.2.4.3 Penentuan Nilai Kapasitor C_3

Nilai kapasitor filter C_o digunakan untuk memfilter tegangan riak keluaran sebanyak mungkin dan dihitung menggunakan persamaan (2.69) dan persamaan (2.70). Dimana *ripple* tegangan ditentukan sebesar 0.1% dari nilai tegangan keluaran kapasitor. Oleh karena itu, setara dengan *series resistance output* kapasitor, sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

$$ESR \leq \frac{\Delta V_o}{\Delta i_{L_o}} \quad (3.10)$$

$$ESR \leq \frac{0.001 \times V_o}{20\% \times I_{L_o, rated} \times 2}$$

$$ESR \leq \frac{0.001 \times 320}{20\% \times 0.3125 \times 2} \approx 2,56 \, \Omega$$

Oleh karena itu nilai C_o dapat diperoleh dari :

$$C_3 \geq \frac{65\mu}{ESR} \quad (3.11)$$

$$C_3 \geq \frac{65\mu}{2,56} \approx 25,39\mu F$$

Sehingga dipilih = 33 μF / 450V

Dimana ;

C_o = Kapasitor

ESR = *Equivalen series resistance*

ΔV_o = Keluaran *ripple* tegangan

Δi_{L_o} = Arus *ripple* pada L_o

$I_{o, rated}$ = Arus keluaran maksimal

Dari hasil perhitungan nilai komponen, maka diperoleh parameter komponen, sebagai berikut :

Tabel 3.2 Parameter hasil perhitungan

Parameter		Nilai
Magnetisasi Induktor	L_m	755 μ H
Output induktor	L_o	1,664 mH
Kapasitor	C_1	22 μ F / 160 V
Kapasitor	C_2	10 μ F / 237,14 V
Kapasitor	C_3	33 μ F / 450 V

3.2.5 Perancangan *Couple* Induktor

Dalam perancangan kopel induktor, langkah yang dilakukan adalah menghitung arus yang akan melalui kopel induktor dihitung melalui (3.12).

$$I_{in} = \frac{P_{in}}{V_{in}} \quad (3.12)$$

$$I_{in} = \frac{100}{30} = 3.33 \text{ A}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} I_{in} &= \text{Arus masukan (A)} \\ P_{in} &= \text{Daya masukan (W)} \\ V_{in} &= \text{Tegangan masukan (V)} \end{aligned}$$

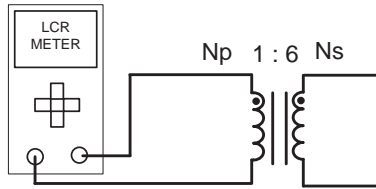
Tahap selanjutnya menentukan kawat email yang akan digunakan, penentuan dilakukan dengan melihat tabel kawat AWG berdasarkan frekuensi atau diatas frekuensi pensaklaran konverter. Pada implementasi ini dipilih kawat dengan frekuensi yaitu 170kHz agar jumlah kawat yang diparalel dapat masuk ke dalam inti *ferrite*. Kemudian kita menentukan berapa banyak paralel kawat email dihitung melalui (3.13) :

$$\text{Paralel kawat email} = \frac{I_{in}}{\text{arus maks kawat email AWG}} \quad (3.13)$$

Sehingga diperoleh

$$\text{Paralel kawat email} = \frac{3.33 \text{ A}}{0.226} = 14,73 \approx 15 \text{ paralel}$$

Selanjutnya dilakukan pengulungan kawat email pada inti ferrite, sesuai dengan perancangan rasio ferrite 1:6 dan dilakukan pengukuran nilai induktansi pada kopel induktor dan kebocoran induktansi menggunakan LCR meter. Pengukuran induktansi bocor dilakukan dengan cara melakukan mengubungkan singkatkan belitan sekunder seperti Gambar 3.2[6].



Gambar 3.2 Pengukuran kebocoran induktansi

Setelah dilakukan pengulungan dan pengukuran kebocoran induktansi pada kopel induktor tahap selanjutnya melakukan perhitungan nilai induktansi magnetisasi menggunakan persamaan (2.5).

$$\begin{aligned} L_{11} &= 1053,2 \mu\text{H} & N_1 &= 1 \\ L_{22} &= 27730 \mu\text{H} & N_2 &= 6 \\ L_{\text{leak}12} &= 8,036 \mu\text{H} \end{aligned}$$

$$L_m = \frac{N_1}{N_2} \times \sqrt{(L_{11} \times L_{22}) - (L_{\text{leak}12} - L_{22})} \quad (3.14)$$

$$L_m = \frac{1}{6} \times \sqrt{(1053,2\mu\text{H} \times 27730\text{mH}) - (8,036\mu\text{H} - 27730\mu\text{H})}$$

$$L_m = 897,255 \mu\text{H}$$

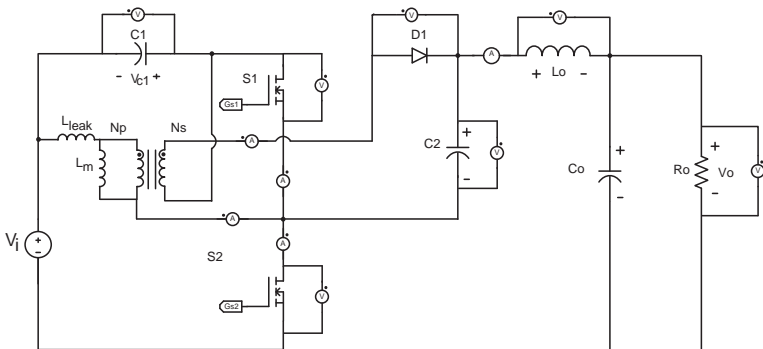
Dimana :

- L_m = Induktansi magnetisasi
- L_{22} = Pengukuran induktansi sisi sekunder
- L_{11} = Pengukuran induktansi sisi primer
- L_{leak12} = Pengukuran induktansi kebocoran sisi primer
- N_1 = Perbandingan pada belitan primer
- N_2 = Perbandingan pada belitan sekunder

3.3 Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak dengan nilai komponen sesuai dengan parameter hasil perhitungan Tabel 3.2. untuk nilai induktansi L_m dan induktansi kebocoran L_{lk} diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan.

Gambar 3.3 merupakan rangkaian simulasi yang digunakan untuk mendapatkan bentuk gelombang dari komponen hasil perhitungan agar dapat dibandingkan dengan bentuk gelombang secara teori. Selain itu juga, simulasi digunakan untuk menunjukkan parameter masukan dan keluaran agar dapat dibandingkan dengan hasil perancangan.

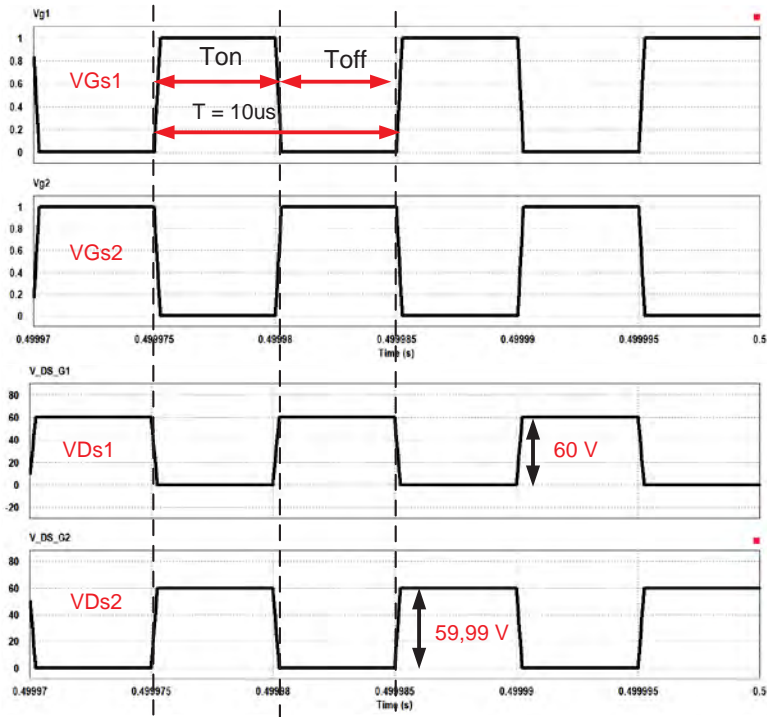


Gambar 3.3 Rangkaian simulasi kombinasi KY konverter dan Buck-boost konverter

Pada simulasi yang dilakukan, tegangan masukan konverter yaitu sumber DC konstan sebesar 30V, nilai beban yang digunakan 1057 Ω

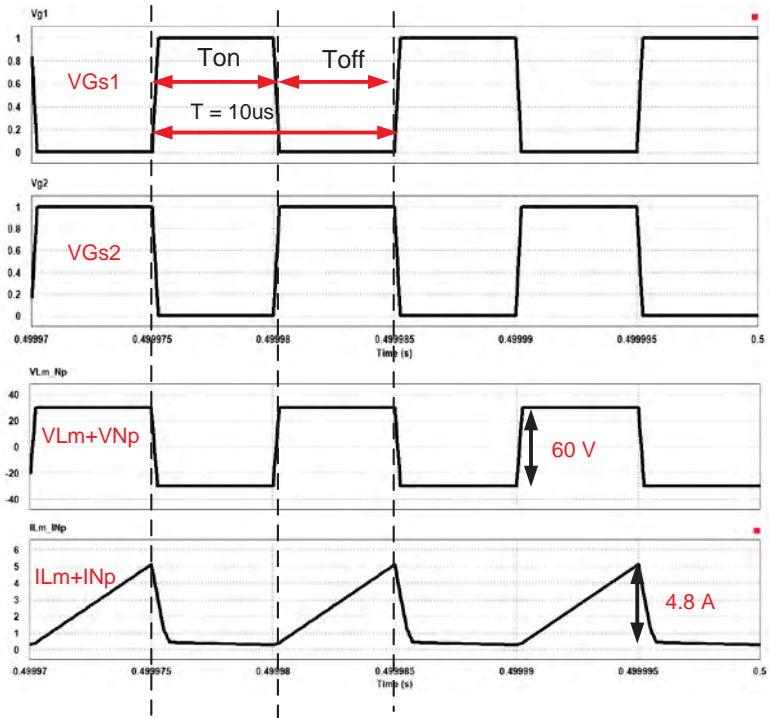
dan *dutycycle* 50%. dengan frekuensi pensaklaran 100kHz. Gambar 3.4 merupakan proses pensaklaran yang terjadi pada masing masing MOSFET.

Dari gambar 3.4 menunjukkan bahwa gelombang tegangan mosfet 1 dan mosfet 2 dapat bekerja sebagaimana mestinya, yaitu ketika sinyal PWM menyala maka tegangan gelombang pada mosfet berkebalikan terhadap gelombang PWM dengan tegangan MOSFET $V_{ds1} = 60V$ dan tegangan MOSFET $V_{ds2} = 59,99V$.



Gambar 3.4 Gelombang Tegangan Mosfet V_{ds1} Dan V_{ds2}

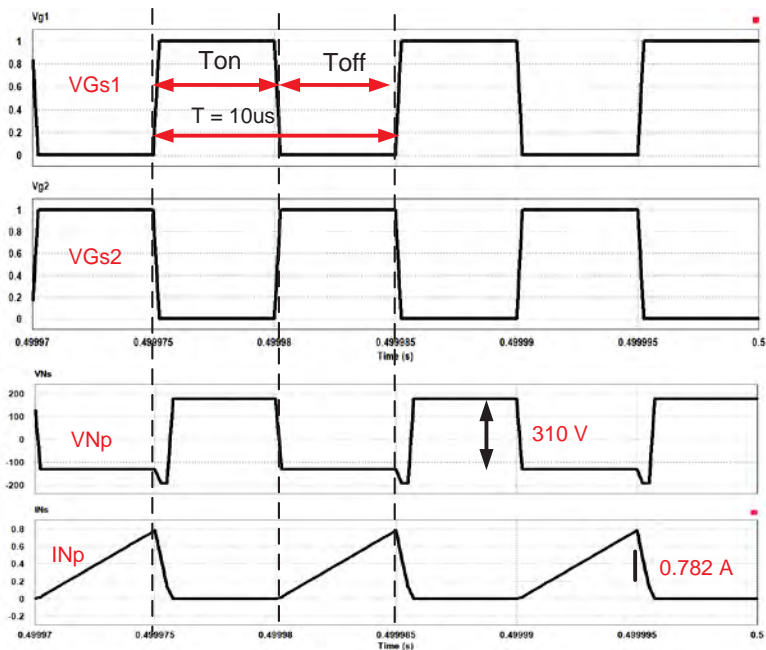
Dari gambar 3.5 menunjukkan bentuk tegangan dan arus induktor pada sisi primer. Besar tegangan pada induktor sisi primer adalah 60V. Sedangkan besar *ripple* arus pada induktor sisi primer adalah 4,8 A.



Gambar 3.5 Gelombang Tegangan dan Arus Induktor Primer

Dari gambar 3.6 menunjukkan bentuk tegangan dan arus induktor pada sisi sekunder. Besar tegangan pada induktor sisi sekunder adalah 310V. Sedangkan besar *ripple* arus yang mengalir pada induktor sisi sekunder adalah 0.782 A. Hal ini terjadi karena saat saklar mosfet 2 konduksi, tegangan pada induktor L_m bernilai positif. Induktor L_m

mengalami *charging energy* sehingga arus induktor mengalami peningkatan.

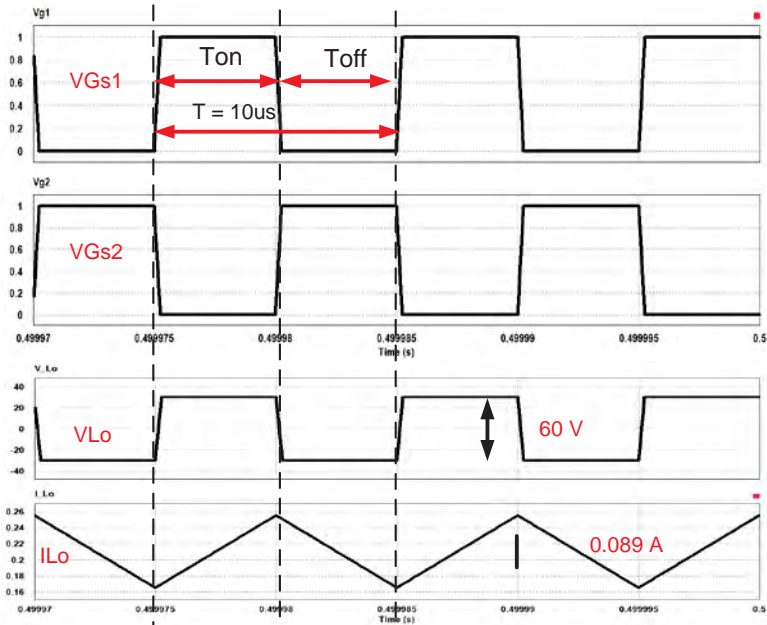


Gambar 3.6 Gelombang Tegangan Dan Arus Induktor Sekunder

Sedangkan saat saklar mosfet 2 terbuka maka saklar mosfet 1 konduksi maka membuat L_m *discharging energy*, tetapi karena saklar mosfet 1 konduksi dalam waktu yang singkat setelah mosfet 2 terbuka dan dengan frekuensi pensaklaran yang tinggi sehingga sebelum L_m *discharging energy*, induktor L_m terjadi *charging energy* kembali dan membuat nilai arus pada L_m menjadi lebih dari tetap di atas nilai nol.

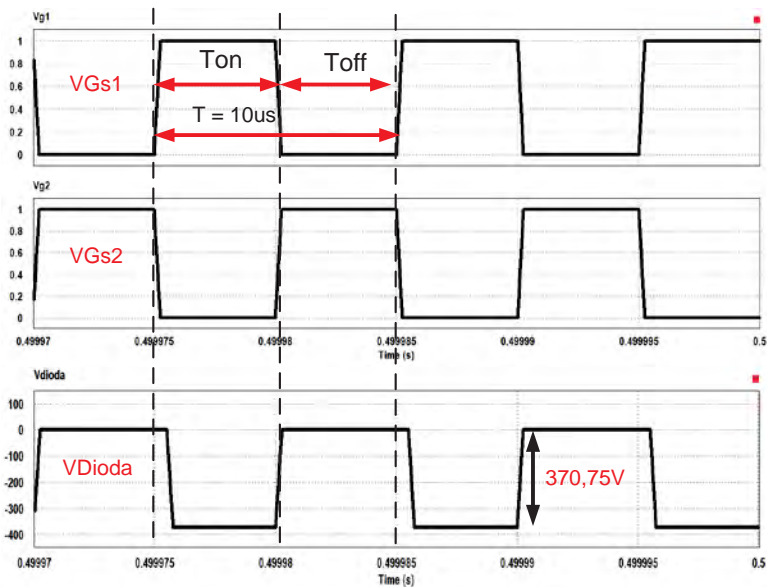
Dari gambar 3.7 menunjukkan bentuk gelombang arus dan tegangan pada induktor L_o . Besar tegangan pada induktor L_o adalah 60V. Sedangkan besar *ripple* arus induktor L_o adalah 0,089 A. Dari gambar 3.7 dapat dijelaskan gambar 2.2, ketika tegangan V_{gs1} off dan

V_{gs2} on maka kapasitor V_{c2} akan melakukan pengisian sehingga tegangan pada C_2 termuati, karena kapasitor terhubung paralel terhadap induktor L_o maka tegangan $V_{c2}-V_o$ dan menjadikan induktor L_o bermuatan negative sehingga membuat induktor L_o mengalami *discharging energy* sehingga arus induktor mengalami pengosongan.



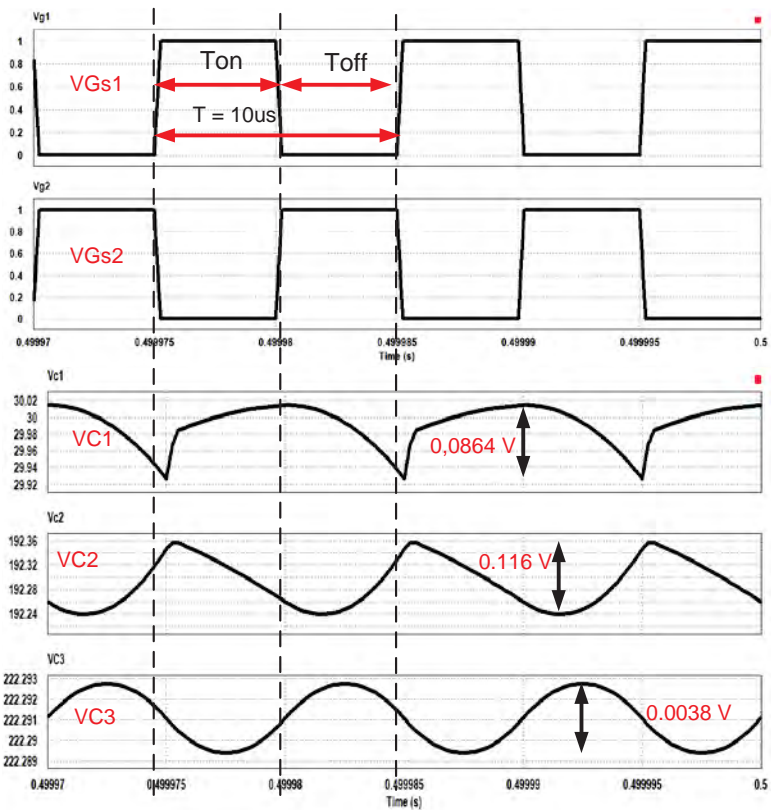
Gambar 3.7 Gelombang Tegangan Dan Arus Induktor L_o

Saat tegangan V_{gs1} on dan V_{gs2} off dijelaskan gambar 2.3, maka kapasitor V_{c2} menyalurkan tegangan ke induktor L_o karena kapasitor terhubung seri terhadap induktor L_o sehingga menjadi bermuatan positif dan membuat induktor L_o mengalami *charging energy* sehingga arus induktor mengalami peningkatan.



Gambar 3.8 Gelombang Tegangan Dioda

Gambar 3.8 merupakan gelombang tegangan pada dioda yang bekerja pada saat mode bias maju dan bias mundur. Saat bias maju bekerja diode dapat dijelaskan pada gambar 2.4 yaitu terjadi saat mosfet 2 tertutup membuat diode terhubung seri dengan tegangan sumber, kapasitor C_1 , dan induktor L_{Ns} maka diode akan mengalirkan tegangan ke beban sehingga tegangan pada diode menjadi nol. Dan bias mundur dapat dijelaskan 2.4 yaitu terjadi saat mosfet 1 tertutup dan mosfet 2 terbuka sehingga membuat induktor primer L_{Np} terhubung seri dengan kapasitor C_2 dan membuat diode bekerja untuk menahan tegangan sebesar tegangan yang melewati kapasitor C_2 . Oleh karena itu pada simulasi 3.8 dioda menahan tegangan mundur sebesar 370,75V dari rangkaian kapasitor C_2 yang terhubung seri dengan induktor L_{Np} .



Gambar 3.9 Gelombang Tegangan V_{c1} Dan V_{c2}

Dari gambar 3.9 menunjukkan gelombang tegangan pada kapasitor C_1 , C_2 , dan C_3 . Pada kapasitor C_1 terjadi pengisian, hal ini terjadi karena mosfet 1 menutup dan mosfet terbuka maka kapasitor C_1 akan mengalami pengisian tegangan, dan saat mosfet 1 terbuka mosfet 2 tertutup maka C_1 mulai mengalami pengosongan dalam waktu yang singkat sehingga membuat ripple tegangan pada kapasitor C_1 menjadi kecil. Pada kapasitor C_2 terjadi pengisian dan pengosongan, hal ini terjadi karena saat mosfet 1 terbuka mosfet 2 tertutup kapasitor C_2 mengalami pengosongan tegangan, dan saat mosfet 1 tertutup maka C_2

mengaloi pengisian tegangan. Sedangkan besar *ripple* tegangan pada V_{C1} , V_{C2} , dan V_{C3} adalah 0,00864V, 0,116V, dan 0,0038V.

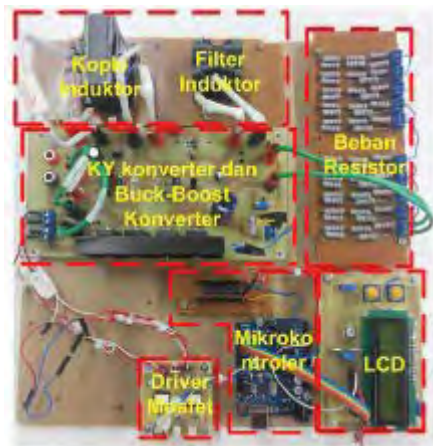
3.4 Implementasi

Implementasi dilakukan untuk mengetahui kinerja dari konverter DC-DC kombinasi konverter KY dengan konverter Buck-Boost berdasarkan desain dan simulasi yang telah dilakukan yaitu dengan daya 100 watt pada rentang tegangan masukkan 30 volt sampai 35 volt dengan frekuensi pensaklaran 100 kHz.

Tabel 3.3 Kapasitas Komponen Implementasi

Komponen	Nilai Besaran	Unit
Trafo Frekuensi tinggi		
Magnetisasi Induktor L_m	897,255 μ H	1
Kebocoran Induktor L_{lkg}	8,036 μ H	
Output induktor L_o	1.664 mH	1
Kapasitor C_1	22 μ F /160v	1
Charger kapasitor C_2	10 μ F /250v	1
Ouput kapasitor C_3	33 μ F /450v	1
Saklar S_1 dan S_2	IRFP460 20A/500V	2
Diode MUR1560	600V/ 15A/ Ultra <i>fast recovery</i>	1
Kendali Pensaklaran	Mikrokontroler Arduino Uno	1
FOD3182	200kHz	2

Berdasarkan nilai komponen pada Tabel 3.3, hasil implementasi dari konverter dapat ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Implementasi konverter kombinasi konverter KY dan Buck-Boost konverter

Halaman ini sengaja dikosongkan

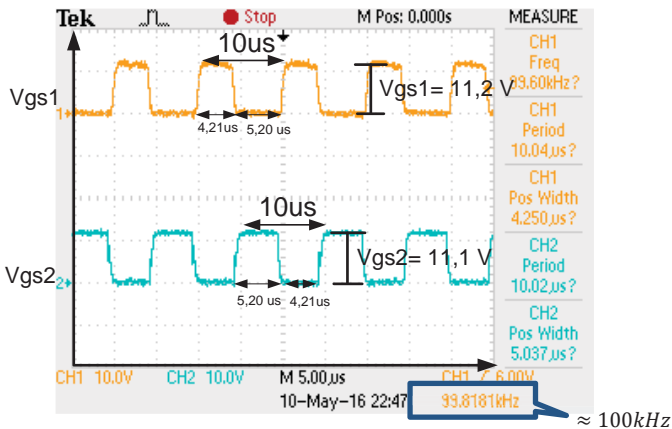
BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dan analisis data hasil perancangan dan implementasi kombinasi KY konverter dan Buck-Boost konverter. Pengujian dilakukan diantaranya adalah pengujian sinyal PWM dan pensaklaran, pengujian rasio konversi tegangan, efisiensi, dan bentuk gelombang komponen konverter. Serta pengujian respon kerja dari penggunaan kontrol *dutycycle* untuk membuat tegangan keluaran tetap konstan.

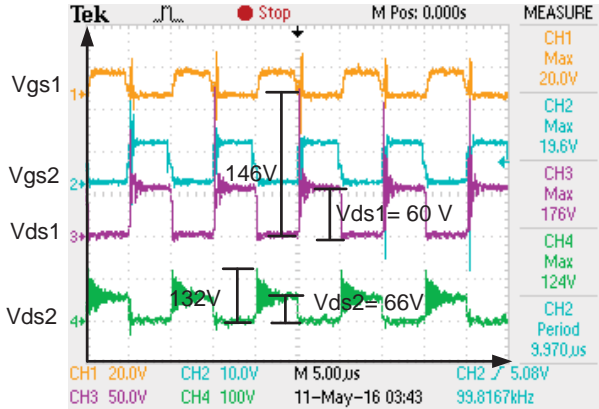
4.1 Pengujian sinyal PWM dan Pensaklaran

Pengujian sinyal PWM dan pensaklaran bertujuan untuk mengetahui sinyal pensaklaran yang telah dibuat sudah sesuai dengan perancangan dan simulasi. Gambar 4.1 menunjukkan pengujian sinyal pensaklaran yang dilakukan menggunakan *dutycycle* 50%, sehingga besar periode gelombang PWM dan pensaklaran konverter adalah 10us.



Gambar 4.1 Gelombang PWM saat 50%

Sedangkan Gambar 4.2 menunjukkan data hasil pengujian bentuk gelombang PWM dan tegangan pensaklaran pada mosfet konverter.



Gambar 4.2 Gelombang PWM dan Kendali Mosfet

Gambar 4.2, dapat diketahui bahwa mosfet 1 dan mosfet 2 dapat bekerja sebagaimana mestinya, yaitu ketika sinyal pemicu mosfet PWM menyala (*on*) maka tegangan gelombang pada mosfet berkebalikan terhadap gelombang PWM.

Besar *dutycycle* Gambar 4.2 yang digunakan untuk pengujian adalah 50% sehingga dihasilkan tegangan output V_o sebesar 215 V. Dengan *dutycycle* 50%, waktu PWM *On* (T_{on}) untuk MOSFET 1 adalah 5,208 us, dan waktu PWM *off* (T_{off}) adalah 4,812 us, sedangkan waktu PWM *On* (T_{on}) untuk MOSFET 2 adalah 4,210us, dan waktu PWM *off* (T_{off}) adalah 5.82us. Sedangkan tegangan pada MOSFET 1 dan MOSFET 2 saat kondisi terbuka (V_{DS}) adalah 60V dan 66V. Nilai ini hampir mendekati nilai secara teori yang dapat diperoleh melalui persamaan 4.1:

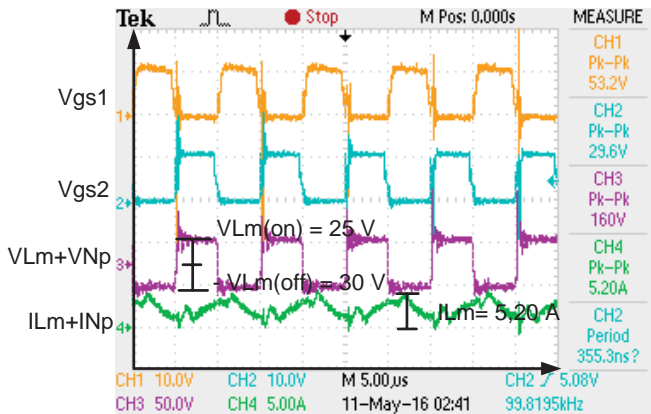
$$V_{DS} = \frac{V_{in}}{(1 - D)} \quad (4.1)$$

$$V_{DS} = \frac{30}{(1 - 0.5)} = 60V$$

Dari gambar 4.2, pada hasil pengujian diketahui bahwa lonjakan tegangan V_{DS} spike MOSFET 1 dan MOSFET 2 mencapai 86V dan 66V sedangkan untuk tegangan masukan $V_{in} = 30V$.

4.2 Pengujian Arus Induktor

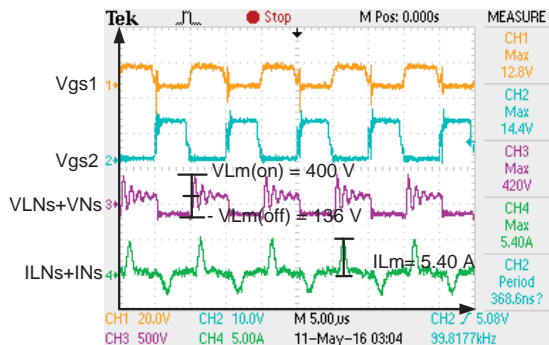
Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 merupakan hasil pengujian bentuk gelombang arus kopel induktor sisi primer/induktor magnetisasi $I_{L_m} + I_{L_{Np}}$ dan induktor sisi sekunder $I_{L_{Ns}}$ saat konverter diberikan tegangan masukan 30V dan *dutycycle* 50%. Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat dianalisis bahwa pada saat mosfet 2 konduksi, tegangan pada induktor L_m bernilai positif kemudian induktor L_m mengalami *charging energy* sehingga arus induktor mengalami peningkatan.



Gambar 4.3 Gelombang Tegangan dan Arus Induktor bagian primer $L_m + L_{Np}$

Sedangkan saat saklar mosfet 2 terbuka maka saklar mosfet 1 akan konduksi dalam waktu yang singkat, sehingga sebelum L_m *discharging energy*, induktor L_m tetap bernilai positif dan membuat L_m *charging energy* sehingga membuat nilai arus pada induktor L_m menjadi bernilai lebih dari nol. Hal ini membuktikan bahwa konverter beroperasi secara *CCM (Continuous Conduction Mode)*, sesuai dengan perancangan dan simulasi yang telah dibahas di bab 3. Dari gambar 4.3 dan gambar 4.4, besar arus yang mengalir pada induktor hasil implementasi adalah 5,20 A dan 5,40 A, nilai ini lebih besar dari pada nilai hasil perancangan dan nilai simulasi gambar 3.5 dan gambar 3.6 yang besarnya 4,8 A dan 0,782 A.

Hal ini disebabkan karena komponen yang digunakan dalam implementasi terdapat rugi-rugi komponen sehingga menyebabkan arus induktor menjadi lebih besar dibandingkan perhitungan. Pengujian arus induktor dilakukan dengan menggunakan beban resistor sebesar 1057 Ω . Pada Gambar 4.4, gelombang arus yang mengalir pada induktor sisi sekunder terdapat gelombang yang negatif, hal ini terjadi karena terdapat *reverse recovery time* pada dioda untuk melakukan pengosongan dan *ripple* pada dioda, seperti di tunjukkan gambar 4.6.

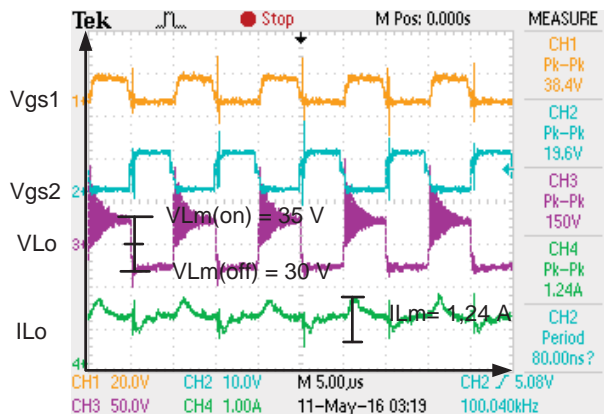


Gambar 4.4 Gelombang Tegangan Dan Arus Induktor Sekunder L_{Ns}

Dari gambar 4.5 dapat dapat dijelaskan gambar 2.3, ketika tegangan V_{gs1} *off* dan V_{gs2} *on* maka kapasitor V_{C2} akan melakukan pengisian sehingga tegangan pada C_2 termuati, karena kapasitor terhubung paralel terhadap induktor L_o maka tegangan $V_{C2}-V_o$ dan menjadikan induktor L_o bermuatan negative sehingga membuat induktor L_o mengalami *discharging energy* sehingga arus induktor mengalami pengosongan.

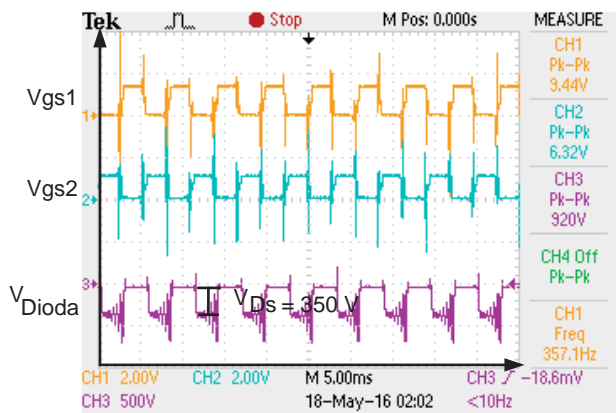
Saat tegangan V_{gs1} *on* dan V_{gs2} *off* dijelaskan gambar 2.4, maka kapasitor V_{C2} menyalurkan tegangan ke induktor L_o karena kapasitor terhubung seri terhadap induktor L_o sehingga menjadi bermuatan positif dan membuat induktor L_o mengalami *charging energy* sehingga arus induktor mengalami peningkatan.

Dari gambar 4.5, besar arus pada implementasi yang mengalir pada induktor L_o adalah 1,24 A. Sedangkan nilai ini lebih besar dari pada nilai hasil perancangan dan nilai simulasi gambar 3.7 yang besarnya besar arus yang mengalir pada induktor L_o adalah 0,089A. Hal ini dikarenakan komponen yang digunakan terdapat rugi rugi dan toleransi komponen.



Gambar 4.5 Gelombang Tegangan dan Arus L_o

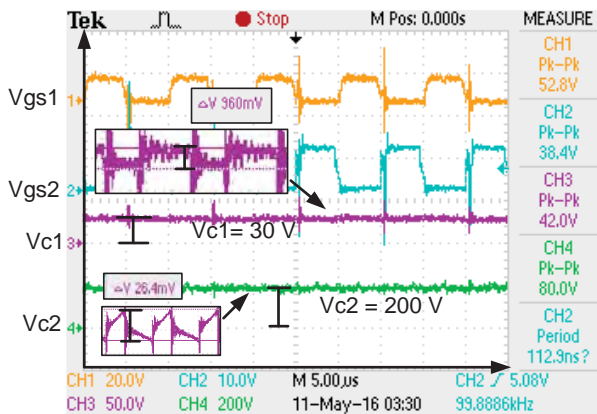
Gambar 4.6 menunjukkan proses gelombang pensaklaran pada dioda, yaitu sesuai dengan mode operasi konverter dan hasil simulasi pada gambar 3.8, dimana dioda akan bekerja bias maju ketika tegangan sumber, kapasitor C_1 , dan induktor L_{Ns} terhubung seri. Dan bekerja bias mundur ketika tegangan sumber, induktor L_{Np} , dan kapasitor C_2 terhubung seri. Pada saat implementasi tegangan mundur dioda sebesar 350 V. Sedangkan nilai ini lebih kecil dari pada hasil simulasi yang dilakukan pada bab 3 gambar 3.8 sebesar 370,75 V. Hal ini terjadi karena tegangan pada implementasi tidak sama dengan tegangan keluaran pada simulasi dan komponen yang digunakan dalam implementasi terdapat rugi-rugi komponen.



Gambar 4.6 Gelombang Pensaklaran Pada Dioda

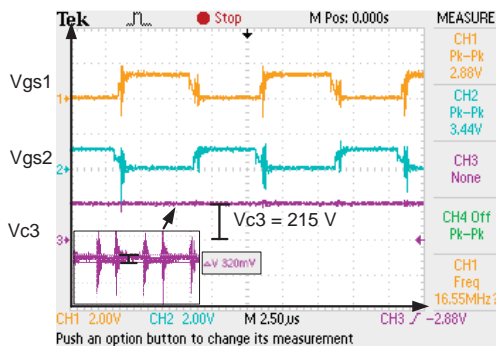
4.3 Pengujian Tegangan Kapasitor

Pengujian kapasitor dilakukan untuk mengetahui besar tegangan dari masing masing kapasitor. Pungujian dilakukan pada tegangan masukan 30V dan *dutycycle* 50%. Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 merupakan hasil pengujian tegangan pada kapasitor menggunakan osiloskop.



Gambar 4.7 Tegangan Kapasitor C_1 dan C_2

Dari Gambar 4.6, besar tegangan kapasitor C_1 , C_2 , dan C_3 dari hasil implementasi adalah $V_{C1} = 30$ V dan $V_{C2} = 210$ V, dengan menggunakan tegangan masukan konstan selama satu periode. Besar tegangan pada semua kapasitor implementasi sesuai dengan perhitungan, dimana besar tegangan masing-masing kapasitor $V_{C1} = 30$ V, $V_{C2} = 210$ V, dan $V_{C3} = 215$ V. Dengan ripple tegangan pada masing-masing kapasitor yaitu $V_{C1} = 0,960$ V, $V_{C2} = 0.0264$ V, dan $V_{C3} = 0,32$ V.



Gambar 4.8 Tegangan Kapasitor C_3

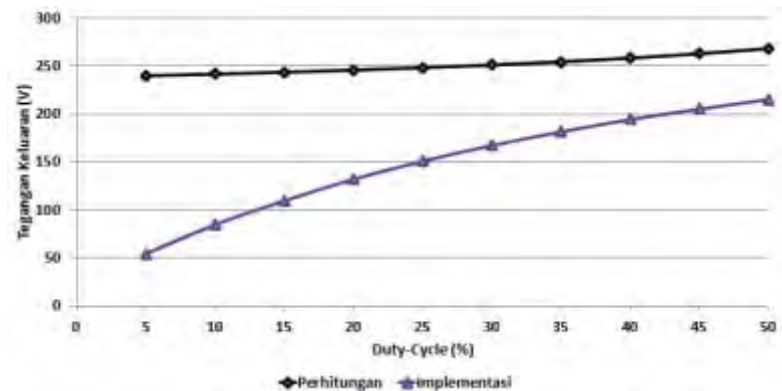
Hal ini terjadi karena karena efek parasit komponen pada kapasitor, dimana kapasitor memiliki resistansi dalam yang dimodelkan tersusun seri dengan nilai kapasitansinya. Sehingga resistansi ini yang menyebabkan *ripple* tegangan pada kapasitor saat implementasi menjadi lebih besar dibandingkan hasil simulasi.

4.4 Pengujian Rasio Konversi Tegangan

Rasio konversi dilakukan untuk mengetahui kemampuan konverter dalam menaikkan tegangan masukkan ke tegangan yang lebih tinggi sering dengan meningkatnya perubahan *dutycycle*. Rasio konversi tegangan dalam hal ini merupakan perbandingan antara tegangan keluaran terhadap tegangan masukkan.

Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan kosten 30 V dengan beban yang digunakan adalah resistor sebesar 1057 Ω . Kemudian *dutycycle* dinaikkan dari 5% sampai 50%. *Dutycycle* hanya dinaikkan sampai 50% karena ketika lebih dari 50% kopel induktor bunyi sehingga mengakibatkan kopel induktor terjadi saturasi, dan ketika terjadi saturasi maka tegangan sumber DC akan turun. Pada gambar 4.9, merupakan grafik rasio konversi dengan rentang rasio konversi tegangan keluaran dengan perubahan *dutycycle* 0.05 sampai 0.5. Hal ini terjadi disebabkan kemampuan bahan ferrite yang digunakan sudah tidak mampu lagi untuk menahan arus yang melewati kawat sehingga membuat terjadinya saturasi pada trafo ferrite.

Dari grafik gambar 4.9, bahwa hasil perhitungan dan implementasi terjadi perbedaan ini dikarenakan adanya drop tegangan pada kebocoran induktansi yang mana nilainya dipengaruhi oleh *dutycycle*. Jika *dutycycle* kecil maka nilai drop tegangan pada sisi kebocoran induktansi besar. Sedangkan ketika *dutycycle* semakin tinggi maka drop tegangan disisi kebocoran induktansi perlahan berkurang.



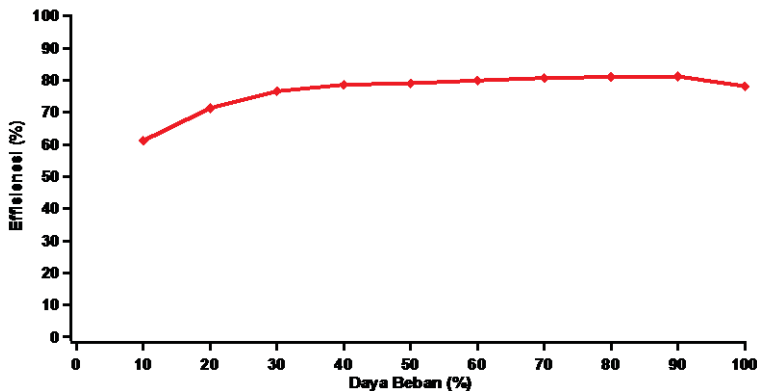
Gambar 4.9 Grafik Rasio Konversi Tegangan Terhadap *Dutycycle*

4.5 Pengujian Efisiensi

Pengujian efisiensi dilakukan untuk mengetahui efisiensi konverter pada daya keluaran yang berbeda. Pada kondisi ideal, efisiensi konverter mencapai 100%, namun dalam implementasi efisiensi tidak dapat mencapai 100%. Hal ini karena komponen yang digunakan tidak ideal dan disesuaikan dengan yang tersedia dipasaran sehingga terdapat rugi-rugi pada setiap komponen.

Pengujian efisiensi dilakukan dengan menjaga tegangan masukan dan tegangan keluaran konverter konstan. Sedangkan beban diubah-ubah sehingga dihasilkan daya keluaran yang berbeda. Pada Gambar 4.10 Pengujian ini dilakukan pada nilai tegangan masukan yaitu 30 V.

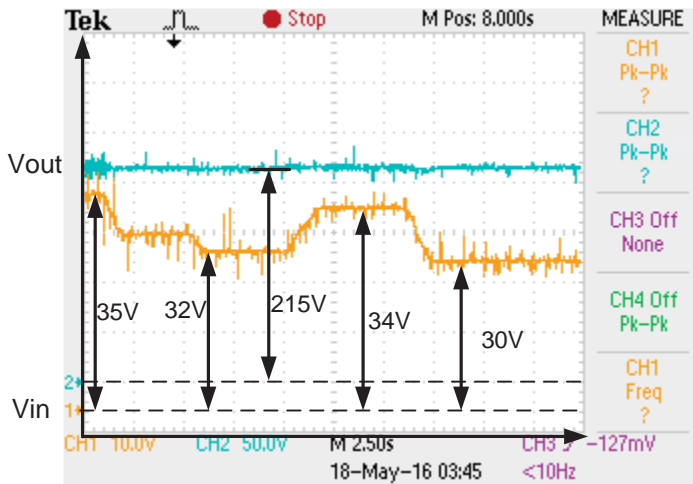
Gambar 4.10 merupakan grafik hasil pengujian efisiensi konverter. Dari gambar 4.10, dapat diketahui bahwa efisiensi pada beban 70% pada tegangan masukan 30V bernilai lebih dari 80%. Seiring dengan penurunan daya keluaran konverter, efisiensi juga semakin menurun. Dari pengujian yang dilakukan efisiensi maksimum terdapat pada beban 70% sampai 90%.



Gambar 4.10 Grafik Efisiensi konverter

4.6 Pengujian Respon *Dutycycle* Akibat Perubahan Tegangan Masukan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah kontrol *close loop* yang telah di buat dapat bekerja dengan baik pada konverter yang telah diimplementasikan. Pengendalian kontrol *close loop* menggunakan kontrol PI (*Proporsional Integral*) untuk mengetahui respon tegangan keluaran dari kontrol *dutycycle* terhadap perubahan tegangan masukan yang berubah. Pada pengaplikasian kontrol PI menggunakan metode *trial and error* untuk memperoleh respon yang baik. Dari gambar 4.11 menunjukkan tegangan keluaran tetap stabil walaupun tegangan masukan berubah.



Gambar 4.11 Gelombang tegangan keluaran akibat perubahan tegangan

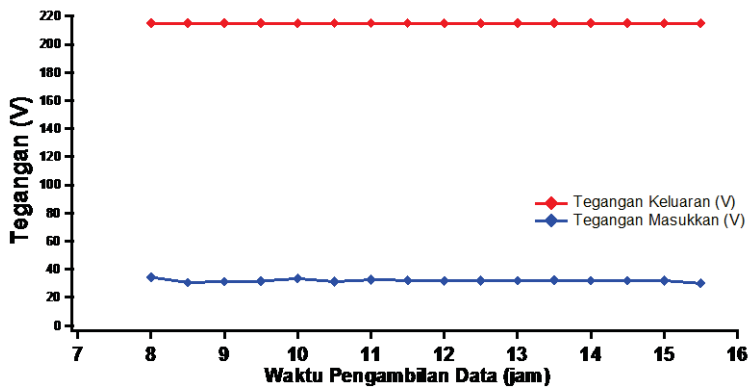
4.7 Pengujian dengan Modul Fotovoltaik

Pengujian dilakukan dengan menggunakan modul fotovoltaik untuk mengetahui bahwa tegangan keluaran dari konverter dapat dijaga konstan saat sumber tegangan masukan yang digunakan berubah dan untuk mengetahui apakah sistem kendali PI yang telah digunakan dapat bekerja dengan baik ketika terjadi perubahan tegangan masukan akibat irradiasi dari fotovoltaik.

Modul fotovoltaik yang digunakan menggunakan eSOL solar power 50 watt yang diseri. Pengujian dilakukan mulai pagi hari jam 08.00 sampai sore hari jam 15.30 dimana sinar matahari masih cukup menghasilkan energi listrik yang diperlukan. Pengujian dilakukan menggunakan beban tahanan resistor 1263Ω sehingga daya yang dihasilkan $\pm 36,59$ watt ketika besar tegangan keluaran 215 volt.



Gambar 4.12 Set Pengujian menggunakan modul PV dan konverter DC-DC



Gambar 4.13 Hasil Pengujian dengan menggunakan modul fotovoltaik

LAMPIRAN

1. Listing Program Mikrokontroler

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd (2, 3, 4, 5, 6, 7);

float setpoint = 590;
float input = 0.0;
float err = 0;
float KeluarPWM = 0.0;
float integ = 0.0;
float Kp = 0.1;
float Ki = 0.08;

void setup()
{
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(9600);
    lcd.begin(16, 2);
    pinMode (9, OUTPUT);
    pinMode (10, OUTPUT);
    TCCR1A = 0; //clear timer registers
    TCCR1B = 0;
    TCNT1 = 0;
    TCCR1A |= (1 << COM1A1) | (0 << COM1A0); // Non-inverting
    TCCR1A |= (1 << COM1B1) | (1 << COM1B0); // inverting
    TCCR1A |= (1 << WGM11) | (0 << WGM10) ; // pemilihan Mode
    TCCR1B |= (1 << WGM13) | (0 << WGM12); // pemilihan mode
    TCCR1B |= (0 << CS12) | (0 << CS11) | (1 << CS10); // pemilihan
    prescaling

    ICR1 = 80;
}
void loop()
```

```

{
    float sensor = analogRead(A2);
    input = sensor;
    err = setpoint - input;
    integ= integ+(err*0.5);
    float P = (Kp*err);
    float i = (Ki*integ);
    KeluarPWM = P + i; //PI resulting duty

    if(integ > 2000){integ = 2000;}
    if(KeluarPWM < 1){KeluarPWM = 1;}//duty min
    if(KeluarPWM > 40){KeluarPWM = 40;}//duty max
    OCR1A = KeluarPWM; // high pada PIN 9
    OCR1B = KeluarPWM+2; // Low pada PIN 10

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("D:");
    lcd.print(KeluarPWM);
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print("er:");
    lcd.print(err);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("i:");
    lcd.print(i);
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print("s:");
    lcd.print(sensor);
}

```


2. Tabel Kawat AWG American Wire Gauge (AWG) Cable / Conductor Sizes and Properties [7]

AWG	Diameter [inches]	Diameter [mm]	Area [mm ²]	Resistance [Ohms / 1000 ft]	Resistance [Ohms / km]	Max Current [A]	Max Frequency for 100% skin depth
1	0.2893	7.34822	42.4	0.1239	0.406392	119	325 Hz
2	0.2576	6.54304	33.6	0.1563	0.512664	94	410 Hz
3	0.2294	5.82676	26.7	0.197	0.64616	75	500 Hz
4	0.2043	5.18922	21.2	0.2485	0.81508	60	650 Hz
5	0.1819	4.62026	16.8	0.3133	1.027624	47	810 Hz
6	0.162	4.1148	13.3	0.3951	1.295928	37	1100 Hz
7	0.1443	3.66522	10.5	0.4982	1.634096	30	1300 Hz
8	0.1285	3.2639	8.37	0.6282	2.060496	24	1650 Hz
9	0.1144	2.90576	6.63	0.7921	2.598088	19	2050 Hz
10	0.1019	2.58826	5.26	0.9989	3.276392	15	2600 Hz
11	0.0907	2.30378	4.17	1.26	4.1328	12	3200 Hz
12	0.0808	2.05232	3.31	1.588	5.20864	9.3	4150 Hz
13	0.072	1.8288	2.62	2.003	6.56984	7.4	5300 Hz
14	0.0641	1.62814	2.08	2.525	8.282	5.9	6700 Hz
15	0.0571	1.45034	1.65	3.184	10.44352	4.7	8250 Hz
16	0.0508	1.29032	1.31	4.016	13.17248	3.7	11 k Hz
17	0.0453	1.15062	1.04	5.064	16.60992	2.9	13 k Hz
18	0.0403	1.02362	0.823	6.385	20.9428	2.3	17 kHz
19	0.0359	0.91186	0.653	8.051	26.40728	1.8	21 kHz
20	0.032	0.8128	0.518	10.15	33.292	1.5	27 kHz
21	0.0285	0.7239	0.41	12.8	41.984	1.2	33 kHz
22	0.0254	0.64516	0.326	16.14	52.9392	0.92	42 kHz
23	0.0226	0.57404	0.258	20.36	66.7808	0.729	53 kHz
24	0.0201	0.51054	0.205	25.67	84.1976	0.577	68 kHz
25	0.0179	0.45466	0.162	32.37	106.1736	0.457	85 kHz
26	0.0159	0.40386	0.129	40.81	133.8568	0.361	107 kHz
27	0.0142	0.36068	0.102	51.47	168.8216	0.288	130 kHz
28	0.0126	0.32004	0.081	64.9	212.872	0.226	170 kHz
29	0.0113	0.28702	0.0642	81.83	268.4024	0.182	210 kHz
30	0.01	0.254	0.0509	103.2	338.496	0.142	270 kHz
31	0.0089	0.22606	0.0404	130.1	426.728	0.113	340 kHz
32	0.008	0.2032	0.032	164.1	538.248	0.091	430 kHz
33	0.0071	0.18034	0.0254	206.9	678.632	0.072	540 kHz
34	0.0063	0.16002	0.0201	260.9	855.752	0.056	690 kHz
35	0.0056	0.14224	0.016	329	1079.12	0.044	870 kHz
36	0.005	0.127	0.0127	414.8	1360	0.035	1100 kHz
37	0.0045	0.1143	0.01	523.1	1715	0.0289	1350 kHz
38	0.004	0.1016	0.00797	659.6	2163	0.0228	1750 kHz
39	0.0035	0.0889	0.00632	831.8	2728	0.0175	2250 kHz
40	0.0031	0.07874	0.00501	1049	3440	0.0137	2900 kHz

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan implementasi konverter dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari implementasi kombinasi *KY converter* dan *Buck-Boost converter* didapatkan rasio konversi hingga 7,16 kali.
2. Respon waktu pensakelaran pada konverter sangat cepat untuk mencapai kondisi *steady state* sebesar 0,1s.
3. Konverter memiliki efisiensi hingga 81,18% saat daya beban 90% dan mengalami penurunan seiring dengan turunnya daya beban.
4. Tegangan keluaran dapat dijaga konstan saat tegangan masukan berubah-ubah.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk perkembangan penelitian selanjutnya adalah

1. Pembuatan *couple* induktor perlu diperbaiki kembali untuk menghasilkan kebocoran induktansi yang lebih kecil.
2. Penambahan kontrol MPPT sehingga dapat diperoleh daya optimal dari *photovoltaic*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yongchang, Yu, dan Yao Chaunan, 2012. "Implementasi Of A MPPT Controller Based *On* AVR Meega16 For Photovoltaic Systems". ELSIVIER, 2012.
- [2] Oshaba, A.S, dkk. "MPPT Control Design Of PV System Supplied SRM Using BAT Search Algorithm". ELSEVIER, Sustainable Energy, Grid and Networks 2 (2015) 51-60.
- [3] Ashari, Mochammad, "Sistem Konverter DC, Desain Rangkaian Elektronika Daya". ITS Press. 2012.
- [4] Hwu, K.I, dan W. Z. Jiang, "Voltage Gain Enhancement for a Step-Up Konverter constructed by KY and Buck-Boost Konverter". IEEE Transaction On Industrial Electronic, Vol. 61, No. 04, April 2014.
- [5] Erickson, R. W., dan Maksimovic, D., "Fundamentals of Power Electronics Second Edition", Kluwer Academic Publishers, New York, 2004.
- [6] Hesterman, Bryce. "Analysis and modeling of Mgnetic Cououpling".Denver Chapter, IEEE Power Electronics Society. Colorado. 2007
- [7] AWG (*American Wire Gauge*) *Table* <URL : <http://diyaudioprojects.com/Technical/American-Wire-Gauge/>>

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Bustanul Arifin, biasa dipanggil Bustanul atau Arif. Penulis terlahir pada tanggal 16 Oktober 1991 di Kota Blitar sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Praktikan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK 1 Blitar pada tahun 2010. Praktikan melanjutkan dan menyelesaikan di Diploma (D3) pada program studi Teknik Sistem Tenaga di Universitas Negeri Malang tahun 2013.

Tahun 2014 penulis melanjutkan studi sarjana melalui program lintas jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) , Jurusan Teknik Elektro (FTI-ITS) mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi di email: bustanoel1991@gmail.com